



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА,
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ» имени А.Г. ИОСИФЬЯНА»
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)



Хоромный тупик, д. 4, стр. 1, Москва, 107078
Тел.: (495) 608-84-67, (495) 365-56-10; Факс: (495) 624-86-65, (495) 366-26-38
e-mail: info@vniiem.ru; http://www.vniiem.ru
ОКПО 04657139; ОГРН 5117746071097; ИНН/КПП 7701944514/770101001

09.10.2019 № ВГ-34/4488/19

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе, д.т.н., профессор



В.Я. Геча

ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Ш.О. СЫЗДЫКОВА
«Экспериментальное моделирование тепловых нагрузок на поверхность
космического аппарата с помощью инфракрасных излучающих систем»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности: 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных
аппаратов

При создании космических аппаратов (КА) большое значение имеют экспериментальные исследования, для проведения которых осуществляется физическое моделирование процессов внешнего теплообмена. Моделирование этого теплообмена в наземных экспериментальных установках часто связано с большими трудностями, обусловленными необходимостью воспроизведения в эксперименте изменения ориентации КА относительно источников внешних тепловых воздействий. Поэтому, даже при наличии в экспериментальной установке достаточно совершенного имитатора Солнца, почти всегда возникает необходимость дооснащения ее дополнительными средствами внешнего нагрева, которые могут моделировать воздействие на КА потоков собственного

и отраженного солнечного излучения планет, а также влияние частей того же аппарата, не вошедших в состав испытуемого объекта. В качестве дополнительных средств нагрева используются упрощенные средства – различные по конструкции, способу подвода энергии и спектральному составу излучения, которое в основном испускается в инфракрасной полосе спектра.

При использовании упрощенных по конструкции средств воспроизведения внешних тепловых нагрузок всегда возникает проблема управления этими средствами. Применяемые в известных крупных термовакуумных установках инфракрасные имитаторы, как правило, являются имитаторами модульного типа с условно линейчатыми излучателями. Для таких имитаторов разработано и успешно используется достаточно эффективное методическое обеспечение их эксплуатации. Но существуют термовакуумные установки, в которых внешние тепловые нагрузки на испытуемый объект воспроизводятся либо с помощью излучающих панелей, в частности, с помощью термоэкранов, или с помощью галогенных ламп накаливания.

Для таких имитационных средств актуальной является задача разработки методического обеспечения их эксплуатации, которое позволяло бы определять такие энергетические режимы их работы, при которых достигается максимально возможная точность воспроизведения расчетных внешних тепловых нагрузок на испытуемый объект.

Цель диссертационной работы заключается в разработке методического обеспечения проведения тепловых испытаний космических аппаратов или их фрагментов в термобарокамерах, оснащенных термоэкранами и системой галогенных ламп накаливания.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемых источников из 75 наименований.

Во введении изложено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе диссертации проанализированы известные методы и средства экспериментального моделирования внешнего теплообмена КА. На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что экспериментальное исследование тепловых режимов КА в максимально приближенных к натурным условиям часто сопряжено с необходимостью воссоздания в процессе проведения эксперимента переменных по времени и взаимной ориентации полей излучения Солнца и планет. Это обстоятельство порождает практически непреодолимые технические трудности. В связи с этим важное значение приобретают приближенные методы моделирования внешнего теплообмена

даже в установках, оснащенных имитаторами солнечного излучения. Эти методы основаны на использовании инфракрасных источников излучения. В главе приводятся описания и анализ различных радиационно-оптических схем имитаторов, в которых реализуются приближенные методы моделирования воздействия тепловых потоков на поверхность испытуемого объекта.

Во второй главе диссертации проводится исследование методов определения оптимальных энергетических режимов работы инфракрасных имитаторов различных типов, как уже известных, так и разработанных в диссертации.

В известных работах представлены методы оптимизации режимов работы инфракрасных имитаторов модульного типа с линейчатыми и условно точечными излучателями. В представляемой к защите диссертационной работе излагаются методические подходы и алгоритмы решения задач определения оптимальных режимов работы имитаторов, в которых в качестве источников излучения используются термоэкраны (термочехлы) и галогенные лампы накаливания.

Методические подходы и алгоритмы решений задач определения оптимальных режимов работы термоэкранов в совокупности с ГЛН отличаются от методов решения аналогичных задач для имитаторов модульного типа.

В работе рассматриваются три варианта постановки задачи:

- внешние тепловые нагрузки моделируются только с помощью термоэкранов;
- тепловые нагрузки имитируются с использованием системы ГЛН;
- моделирование внешних тепловых нагрузок осуществляется при одновременном использовании термоэкранов и ламп.

Для решения этих задач в диссертации разработаны методики расчета плотности падающего на элементы поверхности ИО потоков излучения, исходящих от термоэкранов и ламп.

Для расчета облученности поверхности ИО ламповыми модулями в диссертации излагается новый методический подход, основанный на представлении каждой лампы в виде совокупности цилиндрических излучающих элементов. На следующем этапе моделирования каждый цилиндрический элемент заменяется плоским элементом, ориентация которого изменяется по определенному закону в зависимости от взаимного положения и координат тепловоспринимающего элемента и излучающего цилиндра. Большое внимание уделяется проверке степени достоверности такой замены.

Алгоритмы решения задачи по определению оптимальных режимов работы термоэкранов и ламповых модулей для трех рассматриваемых вариантов использовались в вычислительных экспериментах, проводимых с

целью оценки возможных погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на объекте с несложной формой внешней поверхности.

Результаты вычислительных экспериментов для различных вариантов внешнего теплового нагружения дают основание заключить, что совместное использование термоэкранов и галогенных ламп накаливания позволяет с удовлетворительной точностью воспроизводить внешние тепловые нагрузки на объекты с несложной формой внешней поверхности.

В третьей главе диссертации излагается методика оценки влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на тепловое состояние КА. Выявлены соотношения, позволяющие оценить влияние погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на тепловое состояние радиационных теплообменников, отсеков КА, оснащенных активными системами терморегулирования, отсеков, тепловой режим которых обеспечивается с помощью пассивных средств. Особое внимание в главе уделяется определению реакции плотности результирующего теплового потока через пакет реальной экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ), на возмущение внешнего теплового потока. Такое особое внимание к ЭВТИ обусловлено тем, что ЭВТИ является важнейшим элементом системы обеспечения теплового режима КА, и, кроме того, в известных работах обычно рассматривается реакция на возмущения внешнего теплового воздействия результирующего теплового потока через ЭВТИ для двух идеализированных случаев:

– теплоперенос через пакет ЭВТИ осуществляется только лучистым способом;

– теплоперенос через ЭВТИ происходит так же, как и через элемент оболочки с термическим сопротивлением, независимым от температуры.

При этом результаты оценок для этих двух идеализированных случаев могут отличаться многократно. Поэтому исключительно важной является задача разработки такой методики, в которой достаточно корректно описывался бы процесс теплопереноса в реальном пакете теплоизоляции. Результаты разработки такой методики представлены в диссертации. Получены соотношения, позволяющие оценить влияние погрешности моделирования внешнего теплового потока, поглощаемого поверхностью ЭВТИ на теплоперенос через пакет этой изоляции при различном числе ее экранов и при различной степени ее обжатия.

В работе получены следующие новые научные результаты:

1) Разработан методический подход и алгоритм решения задачи оптимизации температурных режимов термоэкранов (термочехлов) при

испытаниях КА в термобарокамерах, не оснащенных специальными имитаторами внешних тепловых нагрузок;

2) Разработана методика расчета облученности элементов испытываемого объекта в имитаторах с трубчатыми источниками излучения;

3) Разработана методика определения оптимального энергетического режима имитатора, имеющего в своем составе совокупность термозэкранов и систему галогенных ламп накаливания;

4) Выявлена связь между погрешностями моделирования внешнего теплового потока и погрешностями в величине результирующего теплового потока через пакеты теплоизоляции с различным числом экранов и при различной степени обжаривания пакета, характеризуемая величиной отношения кондуктивной и лучистой составляющих результирующего теплового потока.

Заметна практическая значимость работы. Результаты решенных в работе задач используются в АО «Корпорация «ВНИИЭМ» при разработке методик и рабочих программ отработки КА и их фрагментов в термовакуумных установках типа CLIMATS. Разработанная в диссертации методика оценки влияния погрешностей моделирования основных факторов космической среды на тепловой режим характерных элементов КА даёт возможность определить достоверность результатов исследования теплового состояния испытываемых объектов в установках CLIMATS. Полученные в диссертации результаты вычислительных экспериментов по определению погрешности моделирования заданных тепловых нагрузок на поверхность КА, позволяют определить направления возможного совершенствования лампового имитатора внешних тепловых потоков за счет увеличения числа ламповых модулей на его цилиндрическом каркасе.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается проведением вычислительных экспериментов, а также данными известных работ, опубликованных ранее. Полученные результаты апробированы достаточным количеством выступлений на конференциях и публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК.

По работе можно сделать следующие замечания:

1) При разработке методики оценки влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на теплоперенос через реальную экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) автором вводилось упрощающее допущение об отсутствии газообразной теплопередающей среды между экранами. Это очень сильное допущение, поскольку в подавляющем большинстве термовакуумных установок давление газа во время проведения тепловых экспериментов в лучшем случае удается снизить до уровня 10^{-4} Па. При таком давлении газовой среды теплоперенос в пакете ЭВТИ по газу,

зависящий от температуры в степени $1/2$, может существенно влиять на результаты проводимых оценок;

2) Поскольку в 1 главе диссертации анализируются различные известные методы оптимизации режимов работы инфракрасных имитаторов модульного типа, хотелось бы видеть в рамках этого исследования то, что не сделано в этих работах. А именно, ответ на вопрос – влияет ли выбор нулевого приближения вектора управления ($J(0)$) на величину оптимального значения этого вектора.

Однако отмеченные недостатки не снижают ценности и практической значимости диссертации. Проведенные исследования можно характеризовать как научно обоснованные методические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в сфере экспериментальной отработки КА в условиях моделирования внешнего теплообмена. Результаты работы можно рекомендовать к использованию в научных и производственных коллективах, занимающихся проведением наземной экспериментальной отработки КА.

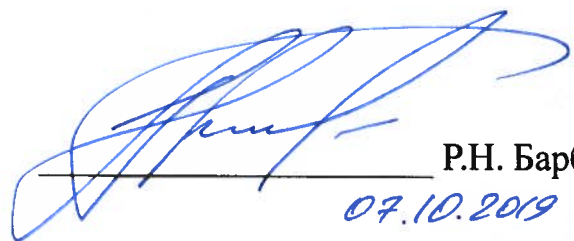
Диссертация Ш.О. Сыздыкова представляет собой законченное исследование, посвященное актуальной теме. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемого к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шалкар Оразович Сыздыков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».


Результаты диссертационной работы были рассмотрены на совещании специалистов АО «Корпорация «ВНИИЭМ» с участием сотрудников Испытательного Центра, а также на заседании секции №4 НТС (протокол №10 от 03.10.2019 г.) и получили положительную оценку.

Заместитель генерального директора
по качеству и надежности



Научный сотрудник Испытательного
Центра, д.т.н., профессор


Р.Н. Барбул
07.10.2019


Е.В. Юркевич
07.10.2019