

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ
Российской академии наук



125040, Москва, Ленинградский пр-т, д.7, стр.1
тел. (495)946-18-06, 946-18-03; факс: (495)946-18-03
e-mail: iam@iam.ras.ru

Проректору по научной работе,
д.т.н., профессор Ю.А. Равиковичу
125993 г. Москва, А-80, ГПС-3
Волоколамское шоссе, д.4
ФГБОУ ВО Московский
авиационный институт (НИУ)

" " _____ 2020 г.
Исх. № 11509/2-206

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляем Вам отзыв ФГБУН Института прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН) как ведущей организации по диссертации Полякова Павла Олеговича на тему «Обеспечение тепловых режимов радиолокационных систем летательных аппаратов с применением плоских тепловых труб», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв в 2-х экземплярах.

Директор ИПРИМ РАН
д.т.н., профессор



А. Н. Власов

ОТДЕЛ
ДОКУМЕНТАЦИОННОГО
СЕРВИСА

20 НОЯ 2020

М А И

УТВЕРЖАЮ

Директор ИПРИМ РАН

д.т.н., профессор

 А.Н. Власов


(дата)



ОТЗЫВ

отзыв ведущей организации на диссертацию Полякова Павла Олеговича на тему «Обеспечение тепловых режимов радиолокационных систем летательных аппаратов с применением плоских тепловых труб», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03– «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы и цель диссертационной работы

В последнее время отмечается повышенный интерес к системам охлаждения с применением тепловых труб (ТТ), где присутствуют жесткие требования по ограничению пространства. Плоские тепловые трубы достаточно широко применяются для отвода тепла от радиоэлектронной аппаратуры в космических аппаратах. Достаточно эффективная теплопроводность позволяет эффективно применять тепловые трубы также и при решении задач по охлаждению и термостатированию активных фазированных антенных решеток (АФАР). Важно отметить, что плоские ТТ с капиллярно-пористыми структурами обладают высоким капиллярным пределом и могут работать в условиях работы против гравитационных и инерционных сил.

Плоские тепловые трубы, устанавливаемые непосредственно под тепловыделяющими элементами печатных плат приемо-передающих модулей активных фазированных антенных решеток, способны реализовывать методы эффективного распределения тепловых потоков от малоразмерных кристаллов транзисторов по большой площади поверхности усилительных модулей с дальнейшей передачей тепла в систему охлаждения второй ступени.

В связи с вышесказанным выбранную тему исследования следует признать актуальной.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

 20.07.2020



Основной целью диссертационной работы является разработка методики обеспечения тепловых режимов бортовых активных фазированных антенных решеток с применением ультратонких плоских тепловых труб.

Научная новизна

В диссертационной работе разработана методика обеспечения тепловых режимов радиолокационных систем летательных аппаратов с применением плоских тепловых труб. Впервые реализованы эффективные системы охлаждения радиолокационных систем летательных аппаратов. Решены научные задачи, позволяющие оценить тепломассообменные процессы и методы их интенсификации в системах охлаждения приемо-передающих модулей высокочастотных активных фазированных антенных решеток.

Предложены и спроектированы конструкции приемо-передающих модулей активных фазированных антенных решеток X- и Ka- диапазона со встроенными плоскими тепловыми трубами для локального охлаждения и отведения тепла. Разработана документация для изготовления корпусов модулей, и проведена оценка их весовой эффективности. Отличительной особенностью предложенных вариантов конструкций является применения новых типов теплоотводящих элементов.

Разработана математическая модель процессов тепломассопереноса в спроектированных изделиях, в том числе проведены расчеты работы плоских тепловых труб в составе приемо-передающих модулей. Разработанная математическая модель позволяет получать прогнозы параметров работы плоских тепловых труб с приемлемой для обеспечения тепловых режимов модулей точностью.

Проведены расчеты для оценки эффективности охлаждения разработанных изделий с использованием плоских тепловых труб. Результаты расчетов показали увеличение эффективности охлаждения на 13% по сравнению с существующими конструктивными решениями.

Проведена экспериментальная проверка эффективности предложенных вариантов конструкций на тепловых макетах приемо-передающих модулей активных фазированных антенных решеток X- и Ka- диапазона. Проверка показала достоверность расчетной модели.

По результатам выполнения диссертационной работы зарегистрировано два патента.

Достоверность

Достоверность разработанных методов, сформулированных в диссертационной работе, и полученных на их основе результатов обеспечивается проведенными теоретическими расчетами, основанными на строгих подходах инженерного проектирования с использованием моделей теории тепломассопереноса.

Достоверность также подтверждается применением результатов исследований для проектирования систем охлаждения действующих АФАР ЛА в том числе патентами.

Диссертационная работа изложена на 129 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы, состоящего из 75 ссылок.

Во введении формулируются цели и задачи диссертационной работы, кратко рассмотрено основное содержание глав, сформулированы результаты, выносимые на защиту.

Первая глава содержит аналитический литературный обзор, в котором описаны проблемы обеспечения отвода тепла в активных фазированных антенных решетках летательных аппаратов. Патентный анализ определил, что для охлаждения тепловыделяющих элементов приемо-передающих модулей активных фазированных антенных решетках, работающих в высокочастотных диапазонах, использование тепловых труб позволяет добиться увеличения мощностей работы АФАР. На основании аналитического литературного обзора сформированы дальнейшие задачи экспериментально-теоретического исследования.

Вторая глава содержит выбор и описание перспективных вариантов конструкций приемо-передающих модулей со встроенными тепловыми трубами. Для эффективной работы были разработаны электрические схемы. Описаны существующие варианты плоских тепловых труб и их характеристики.

В третьей главе представлено проектирование и моделирование тепломассопереноса в плоских тепловых трубах, работающих в составе приемо-передающих модулей. Проведены расчеты для определения связи параметров микроструктуры выбранных типов капиллярно-пористых материалов (фитиля) и их макроскопических эффективных физико-механических свойств (пористость, капиллярное давление, проницаемость и расход). Проведены испытания образцов фитиля для измерения пористости, проницаемости и капиллярного давления в фитилях, используемых в составе плоских тепловых труб. Приведено описание по моделированию тепломассопереноса в плоских тепловых трубах.

В четвертой главе описан процесс изготовления и испытания тепловых макетов для существующих приемо-передающих модулей бортовых АФАР. Проведены расчеты для оценки эффективности охлаждения изготовленных макетов с использованием плоских тепловых труб.

В заключении представлены конкретные результаты диссертационной работы и общие выводы для дальнейших исследований по разработке теплоотводящих конструкции летательных аппаратов.

Рекомендаций по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Полученные результаты могут быть использованы при: проектировании систем охлаждения бортовых АФАР и моделировании процессов тепломассопереноса в применяемых тепловых трубах; разработке и изготовлении корпусов приемо-передающих модулей со встроенными тепловыми трубами, предназначенными как для бортовых радиолокационных систем, так и для более широкого класса наземных и мобильных АФАР. Предложенная методика может использоваться для решения комплексных задач при создании высокоэффективных теплоотводящих конструкций ЛА.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В модели используется квази-нестационарная формулировка для учета зависимости температуры насыщения теплоносителя от давления в паропроводе тепловой трубы. Для этого вводится фиктивная временная зависимость для функции давления в паропроводе. Интересно было бы оценить согласованность этого подхода с общей постановкой с нестационарными эффектами для всех вычисляемых функций, включая температуру и давление в капиллярно-пористом материале.

2. В работе не обсуждается долговечность исследуемых тепловых трубок в аспекте их возможной разгерметизации в процессе работы или диффузии теплоносителя во внешнее пространство.

3. В процессе работы и при монтаже рассматриваемые в диссертации конструкции могут подвергаться и механическому воздействию. Аспект прочности рассмотренных ультратонких тонкостенных тепловых труб не обсуждается, хотя он может быть важен с точки зрения практического использования предложенных решений.

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку работы. Диссертационная работа в целом представляет собой завершённое исследование, посвящённое решению актуальной проблемы, апробирована на научных конференциях и симпозиумах различного уровня, включая международные.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Поляков Павел Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Заключение

В представленной научно-квалификационной работе решена актуальная научно-техническая проблема. Новизна полученных результатов, их достоверность и практическое значение сомнений не вызывает. Сформулированные замечания относятся больше к форме изложения, а не к сути проделанной работы и не изменяют общего положительного отношения к диссертации. В 4-х публикациях автора работы ее содержание изложено достаточно подробно. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Таким образом рецензируемая диссертация удовлетворяет всем критериям, установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней», а ее автор, Поляков П. О. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен 20 ноября 2020 года на заседании научно-методического семинара отдела «Отдела механики адаптивных композиционных материалов и систем» ИПРИМ РАН.

Отзыв составил:

главный научный сотрудник, д.т.н., профессор



Лурье С.А.

Подпись Лурье С.А. удостоверяю.

Учёный секретарь ИПРИМ РАН, к.ф.-м.н.



Карнет Ю.Н.

Контактные данные организации: ФГБУН «Института прикладной механики Российской академии наук»

125040, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 7

Телефон: 8 (495) 946-18-06

E-mail: iam@iam.ras.ru

Официальный сайт: <https://iam.ras.ru/>