

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.Е. Косенко

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Кожевниковой Ларисе Александровне.

Группа МТ 18-04М.

Направление 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Специализированная программа подготовки: 15.04.05.02 «Технология космических аппаратов».

Тема магистерской диссертации (МД): «Отработка технологии увеличения эффективности обеспечения теплового режима теплонагруженных блоков аккумуляторной батареи на сотопанели космических аппаратов».

Утверждена приказом по университету № 5591/с от 06.05.2020 г.

Руководитель ВКР: Валерий Васильевич Двирный, д-р техн. наук, проф., профессор МБК ПФиКТ

Исходные данные для ВКР:

Основные требования и исходные данные состоят в выборе и применении теплопроводящей прокладки для увеличения обеспечения оптимального теплового режима теплонагруженных блоков АБ.

Перечень разделов ВКР:

1 Принцип построения, проектирования КА и его основные характеристики.

2 Обзор теплопроводящих эластичных прокладок.

3 Испытание проверки механического и теплового интерфейса панели АБ с КА.

Перечень графического материала: слайды презентации в количестве 14 штук.

Руководитель ВКР

подпись инициалы и фамилия

_____ В. В. Двирный

Задание принял к исполнению

подпись инициалы и фамилия студента

_____ Л.А. Кожевникова

«__» _____ 2020г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему: «Отработка технологии увеличения эффективности обеспечения теплового режима теплонагруженных блоков аккумуляторной батареи на сотопанели космических аппаратов» содержит 85 страниц текстового документа, 22 рисунка, 19 таблиц, 1 приложение, 19 использованных источников.

АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА (АБ КА); ТЕПЛОПРОВОДЯЩИЕ ПРОКЛАДКИ; ТЕПЛОВАКУУМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ (ТВИ); СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ (СЭП); СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ (СТР); ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ БЛОКОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ (ДИ АБ).

Целью данной работы является представление усовершенствованного метода технологии увеличения эффективности обеспечения теплового режима теплонагруженных блоков аккумуляторной батареи на сотопанели космических аппаратов для отвода избыточного тепла от приборов, а также осуществление экспериментального исследования этого метода.

В ходе написания диссертации была собрана и обработана основная информация, имеющаяся на предприятии и относящаяся к выбранной мной теме. А также проведен анализ теоретических материалов по имеющейся документации в данной области.

В первом и втором разделах работы, представляется общая информация по интересующей тематике. А именно, о космическом аппарате в целом, коротко о бортовой аппаратуре, аккумуляторной батареи, патентном поиске существующих подходящих прокладок, о теплопроводящих прокладках, установки их на аккумуляторную батарею с панелью космического аппарата.

В третьем разделе описан исследовательский эксперимент на предприятии АО «ИСС» по выбранной тематике, а также рассмотрены и произведены необходимые испытания. Затем мною был предложен вывод по результатам пройденных испытаний, сделано заключение о дальнейшей реализации метода в массовое производство.

В заключительной части моей диссертации представлены итоги работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Принцип построения, проектирования космического аппарата (КА) и его основные характеристики	8
1.1 Методология проектирования КА	8
1.2 Конструктивно-компоновочная схема КА	12
1.3 Основные требования, предъявляемые к КА	15
1.4 Состав и назначение основных систем КА	17
1.5 Особенности системы электропитания	18
1.5.1 Схема управления системы электропитания	19
1.6 Обзор аппаратуры, которая устанавливается на панель КА	23
1.7 Особенности аккумуляторной батареи (АБ)	26
2 Обзор теплопроводящих эластичных прокладок	31
2.1 Материалы листовые теплопроводящие электроизоляционные	31
2.1.1 Теплопроводящие свойства прокладок из материалов КПТД-2	32
2.2 Термопрокладка Gap-Pad VO Ultra Soft	33
2.3 Технология установки блоков АБ на сотопанели КА	34
2.3.1 Описание интерфейсов АБ	35
3 Испытание проверки механического и теплового интерфейса АБ с панелью КА	63
3.1 Динамические испытания панели аккумуляторной батареи	63
3.1.1 Условия проведения динамических испытаний	69
3.2 Тепловакуумные испытания АБ с термопрокладками в термобарокамере	70
3.2.1 Последовательность тепловакуумных испытаний	71
3.2.2 Этап 1 АБ, установленная через прокладку КПТД-2/3-1,00	73
3.2.3 Этап 2 АБ, установленная через прокладку Gap-padVOUltraSoft	75
3.2.4 Анализ результатов тепловакуумных испытаний	76
3.2.5 Анализ перепадов температур между аккумуляторными АБ	78
3.3 Выводы по динамическим и тепловакуумным испытаниям	78
Заключение	79
Список сокращений	80
Список использованных источников	81
Приложение А Графики поддержания квалификационных режимов вибрационных испытаний	83

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в космической отрасли наблюдается четко выраженная тенденция роста активного существования космических аппаратов (КА). Срок активного существования (САС) космического аппарата может быть увеличен за счет увеличения срока функционирования комплектующих изделий и узлов КА.

В условиях космического пространства многие узлы подвергаются температурному режиму перегрева или переохлаждения, что может привести к сбою работы аппаратуры и КА в целом [1].

Для обеспечения высокой точности поддержания заданной температуры нашли применение активные системы терморегулирования (тепловые аккумуляторы). Тепловые аккумуляторы обеспечивают накопление и расходование тепловой энергии с целью стабилизации температурных режимов узлов космических аппаратов [2].

Очень важное значение имеет термосопротивление, предназначено для уменьшения теплообмена между элементами космического аппарата. Подобные системы изготавливаются в виде термоизолирующих прокладок из материалов с низкой теплопроводностью. Поэтому актуально применять прокладку ту, которая наиболее эффективно будет обеспечивать теплопроводность [3; 4].

Актуальность: мое диссертационное исследование посвящено проблеме выбора теплопроводящей прокладки и оптимального способа установки АБ с применением одной из теплопроводящих прокладок.

Цель: отработка технологии установки блоков аккумуляторной батареи (АБ) на сотопанели КА, механических и термовакуумных испытаний.

Задачи:

- 1) отработка технологии установки блоков АБ;
- 2) проверка работоспособности АБ;
- 3) подтверждение механического и теплового интерфейса АБ с КА в натуральных условиях эксплуатации с применением прокладки.

Фактическое конструктивное исполнение механического и теплового интерфейса посадочной поверхности АБ имеет следующие особенности: плоская поверхность (посадочная поверхность) выполнена с зазором под аккумуляторами ($0,7 \pm 0,1$) мм для установки теплопроводящей прокладки [5].

Целью динамических и тепловакуумных испытаний является подтверждение прочности конструктивных элементов панели предназначенных для крепления АБ при воздействии динамических нагрузок и подтверждение эффективного теплового режима между АБ и панелью КА при воздействии тепловых нагрузок. Выбор оптимального способа установки АБ с применением одной из прокладок [6].

[изъято с 8-78 стр.]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработке программы и в контроле при моем участии проводились испытания. По результатам пройденных испытаний, при которых я присутствовала, можно сделать следующее заключение. Испытания конструкции панели аккумуляторной батареи проведены в соответствии с методикой в полном объеме.

По результатам испытаний подтверждена прочность конструктивных элементов панели предназначенных для крепления АБ при воздействии динамических нагрузок.

Тепловакуумные испытания АБ на панели, проведенные в камере ТБК первый этап и второй этап, выполнены в полном объеме, предусмотренной методикой. При проведении всех режимов ТВИ, стендовые системы камеры ТБК обеспечивали условия проведения режимов и регистрацию параметров в соответствии с требованиями методики.

В ходе проведения режимов этапа 1 и этапа 2 получены следующие результаты:

1) перепад температуры между аккумуляторами и сотовой панелью с прокладкой Gar-padVOUltraSoft в среднем на $4,2^{\circ}\text{C}$ меньше в горячем случае и на $2,3^{\circ}\text{C}$ меньше в холодном случае, чем с прокладкой КПТД-2/3-1,00;

2) максимальная разница температуры между аккумуляторами с прокладкой КПТД-2/3-1,00 составила $3,0^{\circ}\text{C}$, а с прокладкой Gar-padVOUltraSoft составила $1,4^{\circ}\text{C}$;

3) термоциклирование АБ с панелью с применением прокладки КПТД-2/3-1,00 и прокладки Gar-padVOUltraSoft не повлияло на тепловой контакт между аккумуляторами и сотовой панелью.

Результаты испытаний показали, что применение прокладки Gar-padVOUltraSoft обеспечивает более качественный контакт между посадочной поверхностью АБ и панелью КА и более эффективно обеспечивает тепловой режим теплонагруженных блоков аккумуляторной батареи, что улучшает условия эксплуатации АБ, чем при применении прокладки КПТД-2/3-1,00.

Научная новизна заключается в том, что мною предложен новый вариант применения теплопроводящих прокладок при установке АБ и проведена оценка оптимальности, критерием которой выступает теплопроводность используемых материалов прокладок. Поэтому в дальнейшем для обеспечения гарантированного контакта между посадочной поверхностью АБ и панелью КА и для обеспечения лучшего теплового режима мною предлагается применение прокладки типа Gar-padVO, толщиной 2 мм.

[изъята 80 стр.]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шнейдер, П. С. Инженерные проблемы теплопроводности : науч. изд. / П. С. Шнайдер. – Москва : Изд-во иностранной литературы, 1960. – 478 с.
- 2 Петров, Г. И. Моделирование тепловых режимов КА и окружающей его среды / Г. И. Петров; под ред. академика Г. И. Петрова. – Москва, 1971. – 239 с.
- 3 Михеев, М.А. Основы теплопередачи : учеб. пособие для вузов/ М. А. Михеев, И. М. Михеева. – Москва : Энергия, 1977. – 343 с.
- 4 Исаченко, В.П. Теплопередача : науч. изд. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – Москва : Энергия, 1981. – 415 с.
- 5 Залетаев, В. М. Расчеты теплообмена космического аппарата : науч. изд. / В. М. Залетаев, Ю. В. Капинос, О. В. Сургучев. – Москва : Машиностроение, 1979. – 208 с.
- 6 Андрейчук, О. Б. Тепловые испытания космических аппаратов : науч. сборник / О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. – Москва : Машиностроение, 1982. – 541 с.
- 7 Камалов, В. С. Производство космических аппаратов / В.С. Камалов. – Москва : Машиностроение, 1982. – 673 с.
- 8 Чеботарев, В.Е. Основы проектирования КА информационного обеспечения : учеб. пособие СибГАУ / В. Е. Чеботарев, В. Е. Косенко. – Красноярск, 2011. – 488 с.
- 9 Чеботарев, В. Е. Проектирование КА систем информационного обеспечения. Внешнее проектирование КА : в 2 т. / В. Е. Чеботарев. – Красноярск, 2004. – Т. 1. – 430 с.
- 10Л. А. Кожевникова / Материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф. «Решетневские чтения-2018», «Солнечные элементы и батареи космического применения» : Изд-во СибГУ им. М. Ф. Решетнева – Красноярск, 2018. – с. 126–127
- 11Л. А. Кожевникова / Материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф. «Решетневские чтения-2019», «Крупногабаритная антенна S-диапазона для спутника связи» : Изд-во СибГУ им. М. Ф. Решетнева – Красноярск, 2019. – с. 112–113
- 12Технология производства космических аппаратов: учебник для вузов/Н.А.Тестоедов, А.Е. Михеев[и др.]. – Сибирский государственный аэрокосмический университет. – Красноярск, 2009. – 352 с.
- 13Уманский, С. П. Ракеты-носители. Космодромы / С. П. Уманский. – Москва : Рестарт, 2001. – 216 с.
- 14Система электропитания космических аппаратов : учеб. пособие для студентов / Б. П. Соустин, В. И. Иванчук, А. И. Чернышев, Ш. Н. Исляев. – Новосибирск : Наука, 1994. – 284 с.
- 15 Кашкаров, А. П. Аккумуляторы : справочник / А. П. Кашкаров. – Москва : Радио Софт, 2014. – 192 с.
- 16Рассел, Д. Литий-ионный аккумулятор : науч. изд. / Д. Рассел. – Москва : Книга по требованию, 2012. – 876 с.

17 Электротехнический интернет-портал. Теплопроводящие прокладки [Электронный ресурс] : тех. информация // АО «ГК «Элек». – Москва, 2015. – Режим доступа: <http://www.elec.ru/articles/teploprovodjaschie-materialy-v-radioelektronnoj-pr/>

18 Электротехнический интернет-портал. Теплопроводящие электроизоляционные эластичные силиконовые листовые материалы, прокладки и подложки НОМАКОН™ КПТД-2, КПТД-2М [Электронный ресурс] : тех. информация // ДО «Номакон». – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://homakoh.ru/production/kptd-ru/list/>

19 Электротехнический интернет-портал. Термальные материалы управления [Электронный ресурс] : тех. информация // КИ «ИНКОЛ». – Екатеринбург, 2015. – Режим доступа: <https://www.henkel-adhesives.com/us/en/products/thermal-management-materials.html>

[изъято с 83-85 стр.]

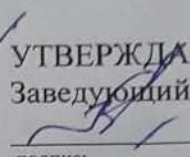
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись

В.Е. Косенко
инициалы, фамилия

« » 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Отработка технологии увеличения эффективности обеспечения теплового
режима теплонагруженных блоков аккумуляторной батареи на сотопанеле
космических аппаратов»

тема


15.04.05 «Конструкторско- технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель


подпись, дата

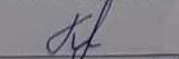
профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук,
профессор

должность, ученая степень

В.В. Двирный

инициалы, фамилия

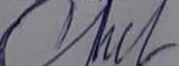
Выпускник


подпись, дата

Л.А.Кожевникова

инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

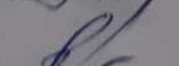
Начальник группы
АО «ИСС»

должность, ученая степень

Т.П. Свинин

инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук, доцент

должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев

инициалы, фамилия

Красноярск 2020