

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, дата инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 16 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Особенности технологии изготовления кабельной продукции
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

профессор МБК ПФКТ
д-р техн.наук,
профессор

В.В. Двирный

инициалы, фамилия

Выпускник

Н.В. Еременко

инициалы, фамилия

Рецензент

начальник отдела
АО «ИСС»

В.В. Савицкий

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Е.С. Сидорова

инициалы, фамилия

Красноярск 2016
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, дата инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 16 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту (ке) Еременко Наталье Валерьевне.

Группа МТ14-04М Направление (специальность):

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»

Тема выпускной квалификационной работы: «Особенности технологии изготовления кабельной продукции космических аппаратов»

Утверждена приказом по университету № 15487/с от 01.12.2014

Руководитель ВКР: В.В. Двирный, д-р техн. наук, профессор МБК ПФКТ

Исходные данные для ВКР:

Предложить технологию моделирования бортовой кабельной сети космических аппаратов, принципов проектирования и изготовления кабельной продукции, определить основные требования, предъявляемые к кабельной продукции для высокоскоростного информационного обмена, составить программу автономных испытаний кабельных сборок высокоскоростного информационного обмена.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1 Место кабельной продукции в составе спутника на базе унифицированной платформы

2 Трехмерное моделирование низкочастотной бортовой кабельной сети космических аппаратов

3 Соединители с обжимными контактами

4 Алюминиевые шины питания

5 Общие принципы проектирования и изготовления кабельной продукции в АО «ИСС»

6 Проектирование, изготовление и испытания кабельной продукции для высокоскоростного информационного сетевого обмена, технология проверки качества и надежности изготовления кабелей высокоскоростного информационного обмена

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

Слайды презентации.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения
1 Определение плана работы над НИР	06.10.14
2 Анализ предметной области исследования	27.10.14
3 Постановка задачи	24.11.14
4 Анализ концепции построения спутника на базе унифицированной платформы	16.03.15
5 Трехмерное моделирование низкочастотной бортовой кабельной сети космических аппаратов	11.05.15
6 Соединители с обжимными контактами	13.07.15
7 Алюминиевые шины питания	21.09.15
8 Проектирование и изготовление кабельной продукции в АО «ИСС»; проектирование, изготовление и испытания кабельной продукции для высокоскоростного информационного сетевого обмена	12.10.15
9 Оформление основной части	11.01.16
10 Подготовка иллюстративного материала	11.04.16
11 Защита с представлением готового материала	30.06.16

« ____ » _____ 2014 г.

Руководитель ВКР _____ д-р техн. наук В.В. Двирный
подпись

Задание принял к исполнению _____ Н.В.Еременко
подпись, инициалы и фамилия студента

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Особенности технологии изготовления кабельной продукции космических аппаратов» содержит 67 страниц текстового документа, 5 приложений, 19 источников, 44 рисунка, 17 таблиц.

БОРТОВАЯ КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ, КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОБЖИМНЫЕ КОНТАКТЫ, ШИНЫ ПИТАНИЯ, ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

Объект исследования – общий подход к проектированию кабельной продукции космических аппаратов на базе унифицированной платформы, перспективные технологии изготовления бортовой кабельной сети, требования, предъявляемые к кабелям для высокоскоростного информационного сетевого обмена, методика верификации качества изготовления кабельной продукции.

Цель работы:

Анализ конструкции современной кабельной сети, определение элементов кабельной сети, позволяющих обеспечить требования, предъявляемые к современной кабельной продукции:

- повышение качества и надежности кабельных сетей для обеспечения срока эксплуатации космического аппарата до 15 лет и более;
- сокращение сроков создания кабельной сети в 2 раза;
- снижение трудоемкости в 2 раза;
- уменьшение массы в 1,5 раза;
- возможность доработки на любом этапе изготовления.

В процессе исследования был выполнен анализ предметной области и поставлена задача на исследование. Определены перспективные направления, требования, предъявляемые к кабельным сборкам высокоскоростного информационного сетевого обмена, технология их изготовления, выпущена программа автономных испытаний этих кабельных сборок.

ABSTRACT

ON-BOARD HARNESS, SPACECRAFT, 3D MODELLING,
CRIMPED CONNECTIONS, POWER LINES, HIGH SPEED LINKS

The thesis covers general approach used for designing of modern satellite on-board harness, requirements specified for high speed links.

The aim of the thesis is to review the designs of state-of-the-art harness, define harness items allowing to provide that the harness meets the following advanced requirements, definition of procedures ensuring workmanship of the manufactured cables:

- increase of harness quality and reliability to ensure satellite 15 years lifetime;
- two times reduction of the lead time required for harness manufacturing;
- two times reduction of labor inputs;
- 1.5 times mass reduction;
- a possibility of rework at any step of manufacturing process

The thesis research covered all the aspects specified for it, the task of the research was proposed. The output of the thesis is identification of breakthrough harness technologies, the specification requirements composed for high speed links and the procedure of high speed links stand-alone testing plan.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Место кабельной продукции в составе спутника на базе унифицированной платформы	11
2 Трехмерное моделирование низкочастотной бортовой кабельной сети космических аппаратов.....	15
2.1 Общая информация	15
2.2 Основные этапы проектирования и разработки трехмерной низкочастотной бортовой кабельной сети	16
2.3 Изготовление трехмерной низкочастотной бортовой кабельной сети на полномасштабном макете изделия	21
2.4 Монтаж трехмерной низкочастотной бортовой кабельной сети на изделие	22
2.5 Требования к электронным таблицам соединений	23
2.6 Требования к электронной трехмерной модели изделия.....	24
2.7 Требования к электронной трехмерной модели НЧ БКС.....	26
2.8 Требования к полномасштабному макету изделия.....	26
3 Соединители с обжимными контактами.....	28
3.1 Общие требования к выполнению обжимных соединений.....	28
3.2 Монтаж обжимных соединений.....	30
3.2.1 Обжимка провода.....	30
3.2.2 Требования к монтажу кабелей в соединители.....	33
3.2.3 Методика контроля обжимных соединений.....	35
3.2.4 Металлография.....	37
3.2.5 Регистрация результатов контроля обжимных соединений.....	39
4 Алюминиевые шины для систем электропитания космического аппарата...	40

4.1	Общее описание.....	40
4.2	Основные преимущества шин.....	41
4.3	Основные требования, предъявляемые к силовым шинам.....	42
4.4	Опыт использования алюминиевых шин на изделиях АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».....	45
5	Проектирование и изготовление кабельной продукции в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».....	46
5.1	Общая информация.....	46
5.2	Проектирование, разработка и технология изготовления кабелей.....	46
5.3	Требования к технологии изготовления кабелей.....	50
5.4	Контроль качества изготовления кабелей.....	51
6	Проектирование и изготовление кабелей для высокоскоростного информационного сетевого обмена.....	53
6.1	Общее описание технологии SpaceWire.....	53
6.2	Физический уровень стандарта SpaceWire.....	54
6.3	Облегченная версия SpaceWire.....	65
6.4	Облегченный коаксиальный кабель UltraLowMassCxLink.....	67
6.5	Требования к проектированию, изготовлению и испытаниям кабелей для высокоскоростного информационного обмена.....	69
	Заключение.....	74
	Список использованных источников.....	75
	Приложения.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Россия всегда занимала одну из ведущих ролей в сфере освоения и изучения космического пространства. Сегодня для поддержания статуса ведущей космической державы Россия должна решить такие вопросы как повышение качества, надежности и конкурентоспособности ракетно-космической техники (РКТ). Государственная программа космической деятельности России на 2013–2020 годы предусматривает создание условий для прорыва на основе новых космических технологий в космической деятельности. [1].

Политика Российской Федерации в области космической деятельности предусматривает наращивание возможностей российской орбитальной группировки космических аппаратов различного назначения, и эти космические аппараты должны быть современными и должны выдерживать конкуренцию с зарубежными аналогами по эффективности, долговечности и надежности.

В рамках технологической платформы «Национальная информационная спутниковая система» (ТП «НИСС») АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС») сформулировало стратегию выхода на передовые позиции в мире среди ведущих производителей спутников связи различного класса [5]. Стратегической целью ТП «НИСС» является разработка «прорывных» технологий для повышения показателей потребительских свойств космических аппаратов новых поколений. ТП «НИСС» направлена на достижение уровня наиболее продвинутых зарубежных производителей информационных спутниковых систем: американских Boeing (9,9% мирового рынка в 2008-2010гг.), LockheedMartin (5,5%), SpaceSystems/Loral (18,9%), OrbitalSciencesCorporation (9,9%) и европейских ThalesAleniaSpace (16,8%), EADS Astrium (15,8%). Российские АО «ИСС» и ГКНПЦ «имени Хруничева» занимают 2,3% и 1,1% мирового рынка, соответственно. [7].

В рамках ТП «НИСС» создаются или совершенствуются технологии в области проектирования, изготовления и испытаний бортовой кабельной сети: технология монтажа кабельной сети с помощью обжимных сростков, создание конструкции силовой кабельной сети с использованием алюминиевых токопроводящих шин, технология изготовления и тестирования бортовой кабельной сети (БКС) космического аппарата с использованием соединителей повышенной плотности типа Nano-D, технология изготовления и тестирования легких кабелей стандарта SpaceWire, технология проектирования, моделирования, изготовления и испытаний трехмерной БКС КА [8].

В рамках настоящей работы освещены проблемы и разработаны технологии проектирования и изготовления БКС на объемном макете, заданы требования к современным технологиям БКС, обеспечивающим снижение массы и габариты подсистемы БКС на уровне КА. Описана технология изготовления кабельных сборок высокоскоростной передачи данных и предложена методика проведения автономных испытаний кабельным сборкам высокоскоростной передачи данных для подтверждения их качества и надежности.

[изъято 1-6 главы]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для поддержания достойного положения российской космической отрасли на мировом рынке необходимо постоянное развитие и применение новых технологий. Новые перспективные технологии, примененные на уровне космических аппаратов, позволяют обеспечить конкурентоспособность и увеличить надежность космической техники. Применение сочетания различных новых подходов только на уровне бортовой кабельной сети позволяет снизить массу космического аппарата и сократить сроки его создания. Использование новых подходов приводит к необходимости использования новых комплектующих и сборок. Перед установкой новых изделий в подсистему изготовитель должен убедиться, что они соответствуют требованиям, соответственно, нужна программа, позволяющая подтвердить, что эти изделия соответствуют предъявляемым к ним эксплуатационным и техническим требованиям и общепринятым стандартам. Разработана технология проектирования и изготовления БКС на объемном макете. Кабельные сборки высокоскоростной передачи данных планируются для применения на космических аппаратах отечественного производства. Качество передаваемых сигналов зависит от надежности этих изделий. Для проведения испытаний таких кабельных сборок необходимо специализированное оборудование и программа и методика испытаний. Предложена соответствующая программа и методика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Афанасьев, И. Космическая деятельность России на 2013-2020 годы / И. Афанасьев, Новости космонавтики. – 2013. - №02. – с. 12-13.

2 Васильев, И.С. Надежность электрических соединений в бортовой кабельной сети перспективных космических аппаратов/ И.С. Васильев, В.С. Ким, С.В. Ефремов, интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ».– 2013. - №3. Систем. требования: AdobeAcrobat. [Электронный ресурс] -Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/86tvn313.pdf>.

3 Двирный, В. В. Уменьшение массы кабельной продукции для космических аппаратов / В. В. Двирный, Н. В. Еременко, Г. В. Двирный, Вестник СибГАУ.– 2015. - Т. 16.- № 3. с. 658–663.

4 Крылов, А., Крейденко К. Производство и эксплуатация спутников связи и вещания / А Крылов, К. Крейденко // [Электронный ресурс] Межотраслевой журнал навигационных технологий «Вестник ГЛОНАСС». Систем. требования: AdobeAcrobat.- Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/stati/proizvodstvo-i-ekspluatatsiya-sputnikov-svyazi-i-veshchaniya-prodolzhenie/>.

5Крюков, А. Инновационные кластеры в РФ: взгляд в будущее. Прогресс на горизонте/ А.Крюков, В. Лаптев, А. Терешков, [Электронный ресурс]: интернет-портал «Российской газеты» © 1998-2016 ФГБУ «Редакция «Российской газеты». - Режим доступа: <https://rg.ru/2014/08/12/klasteri.html>.

6 Мармышев, А. ИСС заключила контракт на поставку шин питания для спутников. [Электронный ресурс]: RIA.RU Информационное агентство РИА Новости.- Режим доступа: <http://ria.ru/science/20120914/749917212.html>.

7Халиманович, В. Технологическая платформа «Национальная информационная спутниковая система»: отчет о выполнении проекта реализации технологической платформы в 2011 году. [Электронный

ресурс]Национальный исследовательский университет. Высшая школа экономики.Систем. требования: AdobeAcrobat. - Режим доступа:https://www.hse.ru/data/2012/07/13/1254699364/report_tp-niss-2011.pdf.

8 Халиманович, В. Стратегическая программа исследований технологической платформы.[Электронный ресурс] «Национальная информационная спутниковая система» на 2014 – 2020 годы, 2014 г. © 2011 Технологическая платформа"Технологии мехатроники, встраиваемых систем управления, радиочастотной идентификации и роботостроение". Систем. требования: AdobeAcrobat. -Режим доступа: <https://tp.iss-reshetnev.ru/documents/documens-other/programm-2016-2020.pdf>.

9Шейнин, Ю. Технология SpaceWire для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов/ Ю. Шейнин,Т. Солохина, Я.Петричкович. Электроника: Наука, Технология, Бизнес.– 2006. - №5.с. 64 – 75.

10Государственная корпорация РОСКОСМОС, Центр управления полетами [Электронный ресурс]: Автоматические КА, Космический аппарат «Луч-5В».- Режим доступа: http://www.mcc.rsa.ru/luch_5v.htm.

11 Кабели. Требования к монтажу, способам заделки, маркировке и пломбированию. Часть вторая. Требования к монтажу импортных соединителей с обжимными контактами. Технические условия. – 154.ТУ028.1

12 Перечень ЭКБ 01-2015 – Перечень ЭКБ 22-2015. Перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники. Часть 1 –Часть 22.

13 Положение о порядке взаимодействия подразделений общества при проектировании, разработке, изготовлении и монтаже трехмерных низкочастотных бортовых кабельных сетей космического аппарата, П-640-010-

14 Системный успех. [Электронный ресурс]: Газета «Сибирский спутник»- 2016. - №22 (395). Систем. требования: Adobe Acrobat. - Режим доступа: <http://www.iss-reshetnev.ru/media/newspaper>.

15 Спутниковые коммуникации. [Электронный ресурс]: Журнал «Информационные спутниковые системы».- 2010. - №10. Систем. требования: Adobe Acrobat.- Режим доступа: <http://www.iss-reshetnev.ru/media/journal/journal-10-2010.pdf>.

16 СТП 154-180-2008. «Система менеджмента качества. Требования к проектированию и разработке кабелей».

17 CableandInterconnect. Expertincablesinterconnectsolutions. AXON'. октябрь 2013/В. Систем. требования: Adobe Acrobat. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.axon-cable.com/publications/docAXON-UK.pdf>.

18 ECSS Standard ECSS-E-50-12C, "SpaceWire, Links, Nodes, Routers and Networks", European Cooperation for Data Standardization, July, 2008.

19 ESCC Detail Specification No. 3902/004, "CABLE, LOW MASS, "SPACEWIRE", ROUND, QUAD USING SYMMETRICAL CABLES, FLEXIBLE, -100 TO +150°C", European Space Components Coordination, October, 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1– Соответствия размера проводов по Американскому проволочному стандарту (AWG)

Калибр провода по AWG	Сечение провода, мм ²
#28	0,093
#26	0,14
#24	0,22
#22	0,34
#20	0,60
#18	0,93
#16	1,34
#14	1,91
#12	3,18

[изъято приложения В-Д]