

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

Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
Институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.Е. Косенко  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ SPACE WIRE  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

тема

16.04.01 «Техническая физика»

код и наименование направления

16.04.01.04 «Физические основы создания информационных спутниковых систем»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель \_\_\_\_\_ ведущий инженер-конструктор В.Е. Чеботарев  
\_\_\_\_\_ АО «ИСС», д-р техн. наук, профессор  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ И.В. Кривошеева  
\_\_\_\_\_ И.В. Кривошеева  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Рецензент \_\_\_\_\_ А.Г. Рябов  
\_\_\_\_\_ А.Г. Рябов  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Красноярск, 2017

Продолжение титульного листа МД по теме «Использование информационных сетей на базе Space Wire для контроля процессов функционирования механических систем на борту космического аппарата»

Консультанты по разделам:

Технология Space Wire

Наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Г. Рябов

инициалы, фамилия

БК КПФР

Наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Е. Чеботарев

инициалы, фамилия

Схема организации передачи фотоснимков

Наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Е. Чеботарёв

инициалы, фамилия

Схема организации передачи информации

Наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Е. Чеботарёв

инициалы, фамилия

Информационный обмен по интерфейсу Space Wire

Наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Г. Рябов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.С. Сидорова

инициалы, фамилия

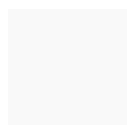
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
Институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.Е. Косенко  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**



**Студентке** Кривошеевой Ирине Викторовне

**Группа** РФ 15-44 М

**Направление** (специальность) 16.04.01 «Техническая физика»

**Тема магистерской диссертации (МД):** Использование информационных сетей на базе Space Wire для контроля процессов функционирования механических систем на борту космического аппарата

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ .

**Руководитель МД:** В.Е. Чеботарев, д.т.н., профессор, ведущий инженер-конструктор АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».

**Исходные данные для МД:**

Алексеевко А.А. Космический аппарат 14Ф151. Логика функционирования бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора. Исходные данные. 711.ИД ЛФ БК КПФР / А.А. Алексеевко, М.О. Дорофеев, Е.В. Бикеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2014 – 83 с.

Алексеевко А.А. Космический аппарат 14Ф151. Наземный отладочный комплекс. Программная модель Бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора. Исходные данные. 14Ф151.ИД 935-0001-14 / А.А. Алексеевко, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016 – 112 с.

Бикеев, Е.В. Космический аппарат 14Ф151. Бортовое программное обеспечение. Программное обеспечение Бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора / Е.В. Бикеев, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016. – 195 с.

Бикеев Е.В. Техническая справка по логике передачи фотоснимков с углоизмерительного прибора на Землю. 14Ф151.ТС935-676-16 / Е.В. Бикеев, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016. – 27 с.

Возов И.А., Техническая справка по описанию и обоснованию идеологии задач фотографирования крупногабаритных антенн изделия по

теме 711, 14Ф151.ТС318-670-16 / И.А. Возов, А.И. Квашнин - Железногорск:  
АО «ИСС», 2016 – 112 с.

**Перечень разделов МД:**

- 1 Технология Space Wire
- 2 Бортовой комплекс контроля положения и формы рефлектора
- 3 Схема организации передачи фотоснимков на Землю
- 4 Схема организации передачи информации
- 5 Информационный обмен по интерфейсу Space Wire

Перечень графического материала представлен в виде презентации  
доклада:

- Слайд 1 Тема магистерской диссертации
- Слайд 2 Цели и задачи магистерской диссертации
- Слайд 3 Технология Space Wire
- Слайд 4 Структура данных
- Слайд 5 Физический интерфейс
- Слайд 6 Методы адресации
- Слайд 7 Применение технологии Space Wire
- Слайд 8 Элементная база электроники Space Wire
- Слайд 9 Бортовой комплекс контроля положения и формы рефлектора
- Слайд 10 Схема организации передачи фотоснимков на Землю
- Слайд 11 Схема организации передачи информации
- Слайд 12 Информационный обмен по интерфейсу Space Wire

Руководитель МД

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Е. Чеботарев

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись, дата

И.В. Кривошеева

инициалы, фамилия

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Использование информационных систем на базе Space Wire для контроля процессов функционирования механических систем на борту космических аппаратов» содержит 90 страниц текстового документа, 9 использованных источников, 11 таблиц и 18 рисунков.

Информационный обмен в современных условиях, когда необходимо пересылать терабайты информации, ограничен. Чтобы ускорить обмен данными между космическими аппаратами и наземным комплексом управления, нужно решить вопрос контроля и передачи информации в режиме реального времени.

Для достижения данной цели необходимо преодолеть скорость передачи информации в 1 Мбит/с, что очень мало для настоящего времени, когда потоки информации выросли в разы. Поэтому нужно большее количество каналов связи. Нужны новые разработки, которые позволят на большей частоте передавать большее количество информации.

Обмен данными производится с помощью неких специализированных шин обмена данными, предназначенных для каждого конкретного случая. Задача управления возлагается, как правило, на стандартизированный канал обмена, выполненный по стандарту ГОСТ Р52070-2003 «Мультиплексный канал межмодульного обмена информацией». Этот канал позволяет пересылать информацию со скоростью 4 Мбит/с и предназначен для лазерных терминалов, прекрасно подходящих для условий работы в околоземном пространстве в реальном режиме времени.

Однако, в силу физического ограничения распространения лазерного луча в наземных условиях (например, облачность), информационный обмен с Землей возможен только на радиочастотах. Поэтому ставится задача уравнивать обмен радиочастот с лазерными терминалами.

Такое построение информационно-управляющей системы, безусловно, работает, но имеет ряд недостатков, таких как:

- необходимость синхронизации потоков команд управления и данных, доставляемых между двумя узлами по различным линиям;
- неоднородность построения шин данных (в отличие от мультиплексного канала управления канал обмена данными не стандартизирован);
- малое число узлов сети управления (их увеличение возможно только за счёт введения многогранности) и низкая скорость передачи между ними;
- принципиальная невозможность изменения маршрутов потоков данных.

Устранить указанные недостатки можно, объединив функции передачи команд управления и передачи данных в рамках одной информационной сети.

В качестве такой сети предлагается использовать сеть Space Wire. Принцип её организации заключается в применении соединений «точка-точка» и роутеров (устройств коммутации пакетов данных). Space Wire принципиально отличается от стандарта MIL-STD-1533B по следующим параметрам:

- неограниченным числом узлов при сохранении одноранговости сети;
- наличием коммутаторов, которые позволяют резервировать линии и выстраивать прямые, не загружающие сеть в целом, связи между узлами, сохраняя при этом архитектурное единство построения сети;
- отличие MIL – шина рассчитана на 31 абонент, а у Space Wire – количество абонентов не ограничено.

Развитие и усложнение набора задач, решаемых перспективными космическими аппаратами, другими изделиями ракетно-космической

техники (РКТ) предъявляет всё более высокие требования к комплексам бортового оборудования (КБО).

Требования РКТ заключается в быстродействии, увеличении памяти и надёжности. Существующие архитектуры КБО, используемые в них низкоскоростные интерфейсы и каналы передачи информации не могут дать решения этих проблем. Необходимы новые технологии комплексирования высокоинтеллектуальных подсистем КБО в интегрированные масштабируемые комплексы с открытой архитектурой.

Эти проблемы послужили основанием для разработки технологии Space Wire – системообразующей технологии, которая позволяет обеспечить решение этих задач в высокоскоростных коммуникациях и комплексированных бортовых систем. Space Wire – это одна из перспективных и активно развиваемых сегодня технологий для построения распределённых гетерогенных бортовых систем, прежде всего – аэрокосмического назначения. Её поддерживает и внедряет в перспективные космические аппараты и европейское космическое агентство ESA, и космические агентства США (NASA) и Японии (JAXA). Развитие и внедрение технологии Space Wire поддерживается Роскосмосом.

Технология Space Wire отвечает потребностям бортовых задач сбора, обработки информации и управления на борту космического аппарата, предоставляет формальную основу для применения Space Wire в различных бортовых системах, как системах полезной нагрузки (payload), так и служебных системах КА (spacecraft avionics).

Применение технологии Space Wire позволяет снизить затраты при проведении испытаний бортовых систем и бортового оборудования за счёт использования единого интерфейса между испытательным оборудованием и бортовым оборудованием.

В российской космической отрасли стратегически важно развивать и внедрять технологию Space Wire, поскольку она способствует обеспечению достижения современных тактико-технических характеристик



перспективных российских КА, конкурентоспособности на мировом рынке космических технологий и услуг, развитию международного сотрудничества в космической области с другими странами, совместимости и унификации разработок аппаратуры КА российских предприятий.

Данная информационная сеть специфицирует высокоскоростную сетевую технологию для построения распределённых систем сбора и обработки данных, задач управления на борту космических аппаратов, имеет высокоскоростные каналы и отвечает требованиям будущего. Предназначена для создания высокопроизводительных систем, сбора информации и других космических задач.

Space Wire позволяет строить комплексные инфраструктуры высокоскоростной распределённой обработки данных и управления КА, включающей в себя датчики, вычислительные элементы, модули памяти, подсистемы передачи информации, а также наземное оборудование контроля и настройки космического аппарата.

Информационная сеть Space Wire предназначена для того, чтобы:

- упростить проектирование высокопроизводительных масштабируемых бортовых систем сбора, обработки данных, управления;
- сократить затраты на разработку космических аппаратов и систем;
- повысить совместимость оборудования обработки данных и служебных подсистем КА;
- поддержать многократное использование бортового оборудования для решения нескольких различных задач.

В настоящее время для разработки сетей Space Wire существуют только зарубежные стандарты. Российский стандарт находится на стадии разработки.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	12
1 Технология Space Wire.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Архитектура Space Wire .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Структура данных .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.1 Пакеты .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2.2 Физический интерфейс.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Сетевой уровень. Методы маршрутизации.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3.1 Червячная маршрутизация .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Методы адресации.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.1 Путевая адресация .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.2 Логическая адресация .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.3 Регионально-логическая адресация.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.4 Групповая адаптивная адресация .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Синхронизация времени .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Применение технологии Space Wire .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.7 Элементная база электроники Space Wire....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2 Бортовой комплекс контроля положения и формы рефлектора.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
2.1 Назначение и состав бортового комплекса ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Специализированный лазерный сканер .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Углоизмерительный прибор .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Контрольные элементы .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Пространственное размещение составных частей бортового комплекса	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3 Схема организации передачи фотоснимков на Землю .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
3.1 Выбор количества снимков.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.1.1	Работа УП в режиме фотографирования...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.2	Размещение УП на корпусе КА .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.3	Логика работы УП при раскрытии антенн.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.4	Предложение по количеству снимков в штатном режиме .....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
3.2	Очередность передачи фотоснимков в штатном режиме.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>not defined.</b>	
3.3	Штатный режим .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4	Нештатный режим .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4	Схема организации передачи информации.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Исходные данные .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Интерфейсы передачи информации .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1	Передача с задействованием ресурса БЦВК (вариант 1 и 2) .....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
4.2.2	Передача информации по линиям связи БК КПФР–SW–КИС-Т (вариант 3).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3	Передача информации по линиям связи БК КПФР – МКО \ SW – БЦВК – МКО – БРТК (вариант 4).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Организация режима передачи информации	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Оценка вариантов размеров передаваемого фотоснимка	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>not defined.</b>	
4.5	Оценка реализуемости требований по передаче фотоснимков .....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
5	Информационный обмен по интерфейсу Space Wire ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>defined.</b>	
5.1	Общие положения .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Временные параметры изделия при работе по интерфейсу Space Wire.	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	14
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	18

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	20
--	----

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в ретрансляторах связных КА нашли широкое применение большеразмерные антенны, разворачиваемые в рабочее положение после выведения спутника на орбиту.

Контроль процесса раскрытия антенн и контроль качества поверхности рефлектора в процессе длительной эксплуатации является одной из важнейшей задачей обеспечения качества и надёжности целевого функционирования КА.

Бортовой комплекс контроля положения и формы рефлектора (БК КПФР) космического аппарата осуществляет контроль составных частей (СЧ) антенн в процессе их раскрытия и штатного функционирования. Для решения этих задач в состав БК КПФР входят углоизмерительные приборы (УИ) и дальномеры.

В процессе проработки вариантов реализации задачи БК КПФР в части передачи фотоснимков необходимо решить следующие задачи:

- 1 Определить количество подготавливаемых и передаваемых фотоснимков в процессе раскрытия;
- 2 Обосновать выбор количества фотоснимков для анализа процесса раскрытия;
- 3 Определить оперативность и последовательность получения фотоснимков на Землю, сделанных при раскрытии;
- 4 Определить очерёдность передачи фотоснимков и в какие моменты времени они должны быть сделаны;
- 5 Определить порядок подготовки и получения фотоснимков в процессе штатной эксплуатации КА (после раскрытия конструкций антенн).

В данной работе будут рассмотрены вышеизложенные вопросы реализации задачи фотографирования БК КПФР.

Программная модель бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора (БК КПФР) предназначена для моделирования на наземном отладочном комплексе (НОК) функционирования измерительной бортовой аппаратуры (БА) БК КПФР изделия под воздействием электрических и логических связей со стороны бортового комплекса управления (БКУ) и оптических связей со стороны рефлектора и облучателя антенны. Результатом моделирования является формирование полного набора управляющих и телеметрических параметров, характеризующих состояние аппаратуры БК КПФР. Программная модель БК КПФР является составной частью программной модели космического аппарата (ПМКА) и взаимодействует с моделями других бортовых систем.

Цель данной работы – разработка информационных сетей на базе Space Wire для передачи результатов контроля функционирования, положения и формы бортового комплекса, включающего в себя рефлекторы, антенны, фотокамеры и углоизмерительные приборы.

[изъято с 14-83 стр.]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы был разработан план фотосъемки средствами БК КПФР составных частей крупногабаритных трансформируемых антенн (рефлекторов и облучателей):

1 В процессе раскрытия и штатной эксплуатации в течение всего САС, с учетом размещения и полей зрения УП, определены:

- моменты фотосъемки;
- количество фотоснимков;
- привязка моментов фотосъемки к основным ТМ-параметрам и времени с учетом допусков;
- приоритетность передачи фотоснимков на Землю.

2 При возникновении нештатных ситуаций определена логика создания и передачи фотоснимков:

- в процессе раскрытия СЧ антенн;
- после раскрытия СЧ антенн в процессе всего САС.

Так как при разработке плана фотосъемки освещенность СЧ антенн не учитывалась, то рекомендуется организовать работу по анализу освещенности элементов конструкций антенн во время их раскрытия и при штатной эксплуатации после раскрытия, а также провести оценку качества фотоснимков с учетом освещенности и прохождения теневых участков.

При дальнейшей работе был разработан план фотосъемки с помощью УП крупногабаритных трансформируемых антенн в процессе раскрытия и штатной эксплуатации в течение всего САС, а именно:

1 Была разработана циклограмма фотосъемки процесса раскрытия антенн в штатном режиме с определением моментов съемки и количества снимков исходя из анализа критичных моментов раскрытия СЧ антенн, времени раскрытия и полей зрения УП. Моменты съемки имеют привязку к



основным ТМ-параметрам и времени с учетом допусков. Также была определена приоритетность передачи фотоснимков на Землю.

2 Определена логика создания и передачи фотоснимков при нештатной ситуации в процессе раскрытия СЧ антенн.

3 Разработана логика работы УП после раскрытия антенн в течение всего САС с учетом нештатных ситуаций.

По способу управления процессом передачи фотоснимков возможны два варианта передачи фотоснимков на НКУ.

В первом варианте управление передачей фотоснимка осуществляется с НКУ: каждый отчет, содержащий блок фотоснимка, передается после выдачи команды управления по радиолинии. Такой подход позволит контролировать процесс передачи каждого отчета и обеспечить достоверную передачу отчетной информации. Недостатком подхода является большое количество команд выдаваемых с НКУ. Время передачи одного фотоснимка составляет: 21.8 мин. (сжатый с 75% качества, в режиме передачи телеметрии НП1), 56.5 мин. (сжатый без потерь качества, в режиме передачи телеметрии НП1).

Во втором варианте управление передачей фотоснимка осуществляется от ПО БК КПФР: каждый отчет, содержащий блок фотоснимка, передается через заранее настроенный интервал времени. Такой подход позволит значительно сократить количество команд с НКУ и объем ручной работы оператора. Недостатком подхода является значительное увеличение времени (подготовка, закладка МКПИ; повторна передача недостоверных отчетов) передачи фотоснимка в случае получения недостоверных отчетов за выбранный интервал между двумя последовательными отчетами. Время передачи одного фотоснимка составляет: 17 мин. (сжатый с 75% качества, в режиме передачи телеметрии НП1), 65 мин. (сжатый без потерь качества, в режиме передачи телеметрии НП1).

По умолчанию выбран режим передачи фотоснимков по командам с НКУ. Решение о переходе в режим передачи фотоснимков по командам от ПО БК КПФР будет приниматься в процессе летных испытаний.

В случае нештатной ситуации раскрытия конструкций антенн Ан11 и Ан12 единичные фотоснимки целесообразно передавать сжатыми с 75 % качества (уточняется на этапе отработки БК КПФР при его работе по реальному объекту измерения). При таком сжатии обеспечивается наименьшее время передачи фотоснимка на Землю, при условии приемлемого качества изображения.

Все фотоснимки наиболее целесообразно передавать, сжатые без потери качества. Время передачи всех фотоснимков (136 шт.) равно (с учетом сеансной работы: 4 часа раз в 12 часов): режим по командам с НКУ – 10 суток, режим по командам от БПО – 5 сутки (в режиме передачи телеметрии НПЗ).

Передача фотоснимков будет осуществляться по тракту УП – *МКО/SW* – БЦВК– *SW* – БАТС – *RS* – КИС/КИС-Т.

Применение Space Wire для контроля процессов функционирования механических систем на борту космических аппаратов позволит определить количество подготавливаемых и передаваемых фотоснимков в процессе раскрытия рефлекторов; определить порядок подготовки и получения фотоснимков в процессе штатной эксплуатации космического аппарата после раскрытия конструкций антенн; обосновать выбор количества фотоснимков для анализа процесса раскрытия рефлекторов и определить оперативность и последовательность получения фотоснимков на Землю, сделанных при раскрытии рефлекторов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Далее приведен список используемых в документе сокращений.

АСУ	- автоматизированная система управления;
АЦП	- аналого-цифровой преобразователь;
БАТС	- бортовая аппаратура телесигнализации;
БАУ	- блок аварийного управления;
БВК	- бортовой вычислительный комплекс;
БИ	- блок интерфейсный;
БК КПФР	- бортовой комплекс контроля положения и формы рефлектора;
БКУ	- бортовой комплекс управления;
БМК	- базовые матричные кристаллы;
БПО	- бортовое программное обеспечение;
БС	- батарея солнечная;
БУ	- блок управления;
БЦВК	- бортовой цифровой вычислительный комплекс;
ВК	- вычислительный комплекс;
ВЧ	- высокие частоты;
ИС	- интегральная схема;
КА	- космический аппарат;
КБ	- конструкторское бюро;
КБО	- комплекс бортового оборудования;
КИС	- командно-измерительная система;
КМКО	- контроллер мультиплексного канала обмена;
КПИ	- командно-программная информация;
КЭ	- контрольные элементы;
МАБИС	- матричные большие интегральные схемы;
МКА	- малый космический аппарат;
МКО	- мультиплексный канал обмена;

МПТМИ	- модуль приема телеметрической информации;
МСВ	- маршрутизаторы Space Wire;
МСИ	- модуль сопряжения интерфейсов;
МСТМИ	- модуль сбора телеметрической информации;
НИР	- научно-исследовательская работа;
НКУ	- наземный комплекс управления;
НПЦ	- научно-производственный центр;
НЧ	- низкие частоты;
ПАИС	- программируемые аналоговые интегральные схемы;
ПЛИС	- программируемая логическая интегральная схема;
ПЛИМ	- программируемые логические матрицы;
ПМЛ	- программируемая матричная логика;
ПН	- полезная нагрузка;
ПО	- программное обеспечение;
СК	- система коррекции;
СЛС	- специализированный лазерный сканер;
СОС	- система ориентации и стабилизации;
СЦВМ	- специальная цифровая вычислительная машина;
ТЗ	- техническое задание;
ТМ	- телеметрия;
УПБС	- устройство поворотное батарей солнечных;
ЭКБ	- электронная компонентная база.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ECSS-E-ST-50-12C – Space Wire – Links, nodes, routers and networks. European cooperation for space standardization standard. – Netherlands, 31.07.2008, - 129 с.

2 Алексеенко А.А. Космический аппарат 14Ф151. Логика функционирования бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора. Исходные данные. 711.ИД ЛФ БК КПФР / А.А. Алексеенко, М.О. Дорофеев, Е.В. Бикеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2014 – 83 с.

3 Алексеенко А.А. Космический аппарат 14Ф151. Наземный отладочный комплекс. Программная модель Бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора. Исходные данные. 14Ф151.ИД 935-0001-14 / А.А. Алексеенко, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016 – 112 с.

4 Бикеев, Е.В. Космический аппарат 14Ф151. Бортовое программное обеспечение. Программное обеспечение Бортового комплекса контроля положения и формы рефлектора / Е.В. Бикеев, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016. – 195 с.

5 Бикеев Е.В. Техническая справка по логике передачи фотоснимков с углоизмерительного прибора на Землю. 14Ф151.ТС935-676-16 / Е.В. Бикеев, М.О. Дорофеев, М.Г. Матыленко. – Железногорск: АО «ИСС», 2016. – 27 с.

6 Возов И.А., Техническая справка по описанию и обоснованию идеологии задач фотографирования крупногабаритных антенн изделия по теме 711, 14Ф151.ТС318-670-16 / И.А. Возов, А.И. Квашнин - Железногорск: АО «ИСС», 2016 – 112 с.

7 Герасимов С.А. Протокол №2101-354К-10-2011 информационного обмена между изделием и контроллерами интерфейсных шин / С.А.

Герасимов, М.Г. Пирогов. – Москва: АО «НПП «Геофизика-Космос», 2016. – 90 с.

8 Горбачёв С.В., Кислицкий М.И., Сапожников В.И., Шейнин Ю.Е. Интегрированная модульная архитектура и технология сопряжения комплексов бортового оборудования малых космических аппаратов // «Малые спутники: новые технологии, миниатюризация. Области эффективного применения в XXI веке»: Труды III Международной конференции-выставки. – г. Королёв: Российская космическая ассоциация, 2002 г, - С.307-316.

9 Российские космические системы [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <http://russianspacesystems.ru>

10 Шейнин, Ю. Технология Space Wire для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов. - Электроника / Ю. Шейнин, Т. Солохина, Я. Петричкович // НТБ. - 2006, №5. – С. 64-75

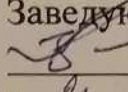
11 Шейнин, Ю. Технология Space Wire для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов [Электронный ресурс] : - Электроника / Ю. Шейнин, Т. Солохина, Я. Петричкович // НТБ. - 2006, №5. – Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/759>

12 Чеботарев, В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учеб. пособие / В. Е. Чеботарев, В. Е. Косенко ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2011. – 488с., [24] с. ил.

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

Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
Институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
Кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 В.Е. Косенко  
« 21 » 06 2017 г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

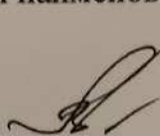
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ SPACE WIRE  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА  
тема

16.04.01 «Техническая физика»

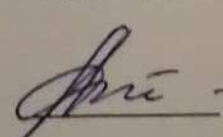
код и наименование направления

16.04.01.04 «Физические основы создания информационных спутниковых  
систем»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель  ведущий инженер-конструктор В.Е. Чеботарев  
АО «ИСС», д-р техн. наук, профессор  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник  И.В. Кривошеева  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Рецензент  А.Г. Рябов  
начальник группы 610 отдела  
АО «ИСС»  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Красноярск, 2017