МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Система управления аэрокосмической тех-ой

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка системы бортового энергопитания геостационарных спутников.

Специальность САУЛА 12-1, 5В074600

Выполнил (а) Лефаров Р.Ю.
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Шимарбаев М.К к.т.н профессор.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бекмурзева А.Ч., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «02» 06 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Мазалов И.Ф, к.х.н, проф.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «3» 06 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Шамарбаев М.К к.т.н. профессор.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» 06 2016 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Аэрокосмических и информационных технологий
Специальность Система автоматического управления ЛА
Кафедра Система управления аэрокосмической техникой.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Лефаров Роман Юрьевич.
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Разработка системы бортового энергопитания геостационарных спутников

утверждена приказом ректора № 21 от «10» марта 2016 г.
Срок сдачи законченной работы « ___ » _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

масса спутника 3,5 тонна
орбита спутника - геостационарная - 35,800 км от Земли.
мощность система энергопитание 2 кВт.
номинальное напряжение 18 В.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Введение
1. Повсеместное использование космических аппаратов в космическом пространстве
1.1 Система электроснабжения бортового комплекса КА.
2. Энергопитание спутника на геостационарной орбите
3. Проектирование цифровых систем спутниковой связи.
4. Технико-экономическое обоснование система бортового энергопитания геостационарного спутника
5. Безопасность жизнедеятельности.
Заключение
Список литературы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рекомендуемая основная литература

Нариманова Г.С. и М.К. Тихонравова - Основы теории полета космических аппаратов 2012 г. - 174 стр.

Тарасов Е.В. - Космонавтика 1977 - 216.

Иванов Н.М и Лосенко Л.Н. - Баллистика и навигация космических аппаратов М. Дрофа 2004 - 544 стр.

Бакк М.Б. Элементы динамики космического полета Наука 1965 г. - 340 стр

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономич. часть	Бекенева А.И.		
БЖД	Мусалов И.Р.		
Нормоконтролер	Шакиртов М.К.	09.06.2016	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
	Введение	14.03.2016.	
	1. Повышение использования космических аппаратов в космическом пространстве	31.03.2016.	
	2. Энергопитание спутника на геостационарной орбите	15.04.2016.	
	3. Проектирование цифровой системы спутниковой связи	20.04.2016.	
	4. Технико-экономическое обоснование системы бортового энергопитания геостационарного спутника.	06.05.2016.	
	5. Безопасность жизнедеятельности.	06.05.2016	
	Заключение.		

Дата выдачи задания «03» ноября 2016 г.

Заведующий кафедрой СУАТ _____ (подпись) М. Шимкенбаев (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ (подпись) М. Шимкенбаев (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ (подпись) Лефаров Р.Ю. (Фамилия и инициалы)

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка системы бортового энергопитания геостационарных спутников».

Данная дипломная работа включает в себя проектирование цифровых систем спутниковой связи, которое станет основным в проектировании связи геостационарных спутников.

Структура представлена введение, 5 разделами, заключением и списком литературы.

Abstract

The theme of the degree project "Development of the on-board power system of geostationary satellites."

This thesis includes the design of digital satellite communications systems , which will be fundamental in designing communication geostationary satellites .

The structure is represented by the introduction , 5 chapters, conclusion and bibliography .

Аңдапта

Дипломдық жоба тақырыбы: «геостационарлық спутниктер борттық электр жүйесін дамыту.»

Бұл тезис байланыс геостационарлық жерсеріктерін жобалау іргелі болады сандық спутниктік байланыс жүйелерін, дизайнын кіреді.

Құрылымы кіріспеден, 5 тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен ұсынылған.

Содержание 6
Введение 8
1 Повсеместное использование космических аппаратов в космическом пространстве 9
_1.1 Система электроснабжения бортового комплекса космических аппаратов 9
_1.2 Структура системы электроснабжения КА 10
_1.3 Классификация первичных источников 12
_1.4 Структурная схема преобразователя 13
2 Энергопитание спутника на геостационарной орбите 17
_2.1 Солнечные батареи 17
_2.2 Космические фотоэлектрические преобразователи и солнечные батареи 18
_2.3 Структура монокристаллических ячеек арсенида галлия 20
_2.4 Вторичные источники электроэнергии 21
_2.5 Топливные элементы 23
2.5.1 Принцип действия топливных элементов 24
2.5.2 Классификация топливных элементов 27
_2.6 Никель-водородные аккумуляторы 29
3 Проектирование цифровых систем спутниковой связи 31
_3.1 Основные положения 32
_3.2 Организация связи в сетях VSAT 32
_3.3 Методы многостанционного доступа, применяемые в сетях VSAT 36
_3.4 Определение зоны обслуживания космической станции с построением на карте местности 40
_3.5 Определение ширины диаграммы направленности по половинной мощности и коэффициент усиления передающей антенны космической станции 42
_3.6 Определение необходимой полосы частот и требуемого отношения несущая/шум 42
_3.7 Определение отношения несущая/шум на входе приемной земной станции, требующееся для обеспечения коэффициента ошибок 10^{-7} и 10^{-3} 44
_3.8 Расчет максимально возможного количества несущих, передаваемых в одном стволе ретранслятора спутниковой системы связи 45
_3.9 Определение мощности передатчика космической станции на одну несущую в многосигнальном режиме 45
_3.10 Выбор подходящего ствола и передающей антенны, составление плана частот для выбранного ствола, выбор конфигурации сети 45
_3.11 Определение количества земных станций, которое можно разместить на заданной территории 46
4. Технико-экономическое обоснование системы бортового энергопитания геостационарного спутника 47
_4.1 Цель и задачи проекта 47
_4.2 Трудовые ресурсы, используемые в работе 47

_4.3 Оборудование, используемое в работ 48
_4.4 Программное обеспечение, используемое в работе 48
_4.5 Сроки реализации проекта 48
4.6 Затраты на разработку системы 50
4.6.1 Расчет фонда оплаты труда 50
4.6.2 Расчет затрат по социальному налогу 53
4.6.3 Расчет амортизационных отчислений 54
4.6.4 Расчет затрат на электроэнергию 54
_4.6.5 Расчет накладных расходов 55
_4.7 Цена реализации 56
5 Безопасность жизнедеятельности 59
_5.1 Анализ условий труда работников ЦУП 59
_5.2 Рабочее помещение 60
_5.3 Анализ оборудования 62
_5.4 Безопасность связи и защита станций спутниковой связи 63
5.4.1 Защита станции спутниковой связи от комплексного воздействия противника 65
5.4.2 Защита станции спутниковой связи от радиоразведки противника ... 65
5.4.3 Защита экипажей и аппаратуры станций спутниковой связи от радиационного, биологического и химического оружия 66
5.4.4 Маскировка станций спутниковой связи 67

Введение

На сегодняшний день геостационарные спутники являются неотъемлемой частью в развитии связи в целом.

Геостационарный искусственный спутник Земли представляет собой космический аппарат, который двигается вокруг Земли в восточном направлении, по круговой экваториальной орбите с периодом обращения, равным периоду вращения Земли.

Если смотреть на такой спутник с Земли, то наблюдателю покажется, что он не движется, а стоит на одном месте в любой отрезок времени. Высота его орбиты равна 36 000 километров от поверхности планеты. Именно с такой высоты наблюдается практически вся половина поверхности Земли. Поэтому, расположив равномерно вдоль экваториальной орбиты на равном расстоянии через 120° три одинаковых спутника, можно обеспечить непрерывное наблюдение за поверхностью планеты в диапазоне широт, равном плюс-минус 70°, и глобальную круглосуточную радио- и телевизионную связь.

Особое внимание уделяется энергопитанию спутника для бесперебойной работы космического аппарата. Повсеместно ведутся разработки повышения КПД солнечных панелей, установленных на геостационарных спутниках.

Одним из решения данной проблемы является подбор оптимального угла солнечной панелей по отношению к солнцу в космическом пространстве.

Так же для обеспечения бесперебойного питания на спутниках класса связи устанавливаются никель водородные аккумуляторы которые служат в качестве постоянного источника энергии для всего бортового обеспечения КА.

Целью дипломной работы является разработка бортового энергопитания геостационарного спутника, а так же на основе теоретического материала проанализировать цифровую систему связи на базе казахстанского спутника связи КазСат - 2.

1 Повсеместное использование космических аппаратов в космическом пространстве

Космическое пространство геостационарной орбиты земли сегодня предназначается для решения различных научных и прикладных задач. На данное время геостационарная орбита выполняет различные задачи, начиная от телефонии и заканчивая спутниковым интернетом. Например значительно снижена средняя стоимость международных телефонных разговоров, появилась возможность использования ресурсов систем спутниковой навигации.

Орбитой спутника является траектория его движения, оно происходит по инерции с включенными двигателями, и при этом на спутник оказывается влияние только Земли. Орбиты спутников описывают эллиптическую форму и движутся по воображаемой плоскости проходящей через центр Земли.

В космосе спутник занимает определенную орбиту в зависимости от его заданной скорости.

Геостационарная орбита располагается от поверхности Земли на расстоянии 35786 километров. Что дает возможность использовать их для работы спутникового телевидения, при этом сигнал, приходящий от таких спутников будет четкий и бесперебойный.

Спутники бывают сконструированы разных форм и размеров и выполняют множество различных функций. Все они имеют металлический или композитный каркас и тело - космическую платформу. Космическая платформа собирает все вместе и делает возможным, чтобы инструменты пережили запуск.

Спутников имеет бортовой компьютер для контроля и мониторинга различных систем, а также радио и антенна. Прежде всего, у большинства спутников есть радиопередатчик и радиоприемник, благодаря этому экипаж наземной команды может запросить информацию о состоянии спутника и наблюдать за ним.

1.1 Система электроснабжения бортового комплекса космических аппаратов

На сегодняшний день электрическая энергия является наиболее универсальной. Если сравнивать другие виды энергии у нее есть ряд преимуществ.

– электрическую энергию легко возможно преобразовать в другие виды энергии;

– КПД электрической энергии намного выше других видов энергии;

– электрическую энергию можно без проблем передать по проводникам;

– электрическая энергия свободно распространяется между потребителями.

Автоматизация полетов любых космических аппаратов не представляется возможным без электрической энергии. Электрическая энергия используется для приведения в работоспособность всех узлов и оборудования КА (двигательная группа, органов управления, систем связи, приборного комплекса, отопления и т. д.).

Система электроснабжения является основной для работоспособности всего КА в космосе.

Основные требования, предъявляемые к системе электроснабжения:

- необходимое количество энергии для всего цикла полета,
- надежная работа в невесомости,
- необходимая надежность, обеспечиваемая резервированием (по мощности) основного источника и буфера,
- отсутствие выделений и потребления газов,
- способность работать в любом положении в пространстве,
- минимальная масса,
- минимальная стоимость.

Вся электроэнергия, необходимая для работы программы полета (для штатного режима, а также для некоторых нештатных режимов полета), должна находиться на борту КА, так как воссоздание ее возможно только для обитаемых станций.

Невесомость оказывает большое влияние на жидкости и газы, что и вынуждает использовать источники, не хранящие жидкости в свободном состоянии. Это обеспечивает работоспособность аппаратуры и при изменении положения в пространстве.

Ввиду малого внутреннего объема КА, даже небольшое количество газа, попадающего на борт, существенно могут поменять состав атмосферы возле космического аппарата. Газы, выделяемые из источников захватывают с собой пары щелочей и кислот, которые приводят к коррозии и отказам, в первую очередь, БЦВМ и радиоаппаратуры. Использование таких источников на борту КА нежелательно.

1.2 Структура системы электроснабжения КА

Главной и основополагающей системой электроснабжения КА является система постоянного тока. Это определено тем, что большинство источников, которые могут работать на борту, являются источниками постоянного тока. Сеть переменного тока является вспомогательной, используется для питания определенного числа потребителей, к например, системы управления движением.

Первоначальный источник (рисунок 1.1) преобразует какую-либо энергию (химическую, световую, ядерную) в электрическую и должен обеспечить работу потребителей во время всего полета.

Использование электроэнергии в период полета неравномерно: бывают пики нагрузки (как правило во время работы полезной нагрузки, спуска с

орбиты и т.д.) и моменты, когда нагрузка мала. Для парирования пиков нагрузки используют буферный источник.

Впервые на многоразовом космическом аппарате «Шаттл» была использована безбуферная система электроснабжения. Это поясняется тем, что на летательном аппарате используются три первичных источника электроэнергии на основе топливных элементов, что позволяет менять генерируемой ими мощностью.

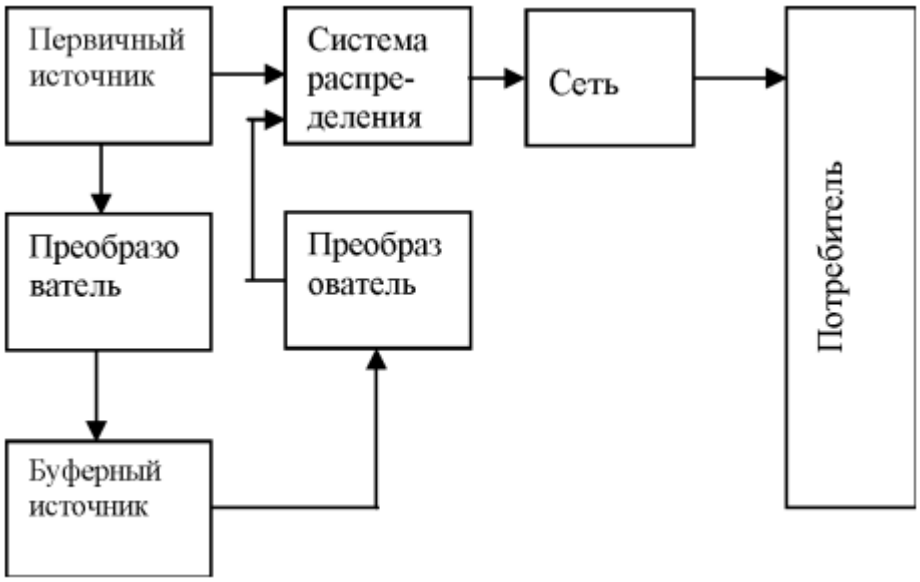

Рисунок 1.1. Структура системы электроснабжения космического аппарата

Характеристика буферного источника заключена в том, что его общая производимая энергия равна нулю. Он накапливает энергию во время малых нагрузок и отдает ее во время пиков. Чаще всего аккумуляторы используются в качестве буфера. Для согласования характеристик аккумулятора с первичным источником и сетью используют преобразователи (рисунок 1.1.). В первом же случае это зарядное устройство, во втором - стабилизатор напряжения, обеспечивающий стабильность напряжения во всей сети.

Вырабатываемая электроэнергия должна дойти до потребителя в нужном количестве, качестве и в заданное время. Электрическая сеть и система распределения занимается этой задачей. Система распределения включает потребитель, к соответствующему источнику, обеспечивает резервирование и выключает, если потребитель электроэнергии неисправен. Техническая реализация таких процессов воспроизводиться с помощью коммутационной и защитной аппаратуры на космическом аппарате.

Электрическая сеть занимается доставкой электричества до потребителя. Ее масса должна быть маленького заданного параметра, но в то же время иметь малые потери электроэнергии в проводнике и обеспечивать заданное соединение потребителя и источник.

1.3 Классификация первичных источников

Рисунок 1.2. Способы получения электрической энергии на борту космического аппарата.

В качестве первичной электроэнергии могут использоваться на борту космического аппарата только 3 составляющих: химическая, ядерная и солнечная энергия. Но химическая и ядерная энергия восполняются с земной станции, а солнечная непосредственно во время полета космического аппарата.

Существуют три способа преобразования химической энергии в электрическую. Один из них это прямой способ преобразования, в этом случае получаются источники с высоким уровнем КПД, около 70%, гальванические элементы, аккумуляторы и топливные элементы (рисунок 1.2).

По мере своего расхода электрической энергии гальванические элементы прекращают свою работу на борту спутника.

В аккумуляторах возможно двойное преобразование: химическая энергия накапливается при зарядке, при разряде химическая преобразуется в электрическую, стрелки на рисунке 2.1 показывают направление преобразования энергии. Сегодня аккумуляторы имеют наибольшее распространение в качестве основных и буферных источников.

В топливных элементах химическая энергия непрерывно пополняется извне. Наиболее разработанными являются топливные элементы, у которых в качестве «топлива» используется H_2 и O_2. Химическая реакция окисления водорода разнесена на два электрода. В результате получаем электрическую энергию, тепло и воду. Этот источник достаточно сложен в эксплуатации, но имеет малую массу, достаточно большой срок работы (до 5000 часов) и

хороший КПД. В сочетании с устройством, разлагающим воду на H_2 и 0_2, может обеспечить полный цикл буферного источника с большим сроком службы, легче самого хорошего аккумулятора и имеет достаточно высокий КПД.

Все первичные источники энергии (химическая, ядерная и световая) могут использоваться для получения тепла. Преобразование тепловой энергии в электрическую возможно тремя путями: термоэлектрический генератор, термоэлектронный (термоионный) генератор и магнитогидродинамический генератор (МГД).

Термоэлектрические генераторы первоначально имели КПД 0,7% и использовались как измерители температуры под названием «термопара». Использование полупроводников позволило повысить КПД до 7-10%. Термоэлектрические генераторы в сочетании с изотопными источниками тепла образуют чрезвычайно надежные и продолжительно работающие источники электрической энергии небольшой мощности. Используются на борту в качестве сверх- аварийных источников.

Термоэлектронный генератор построен по принципу электронной лампы. Имеет КПД несколько больше, но наличие высокой температуры ставит его использование на борту нерациональным.

Конструктора космической техники прошлого столетия обратили свое внимание на машинные генераторы, широко используемые на земле, несмотря на тройное преобразование энергии, наличие вибраций, сложность работы в условиях вакуума. Эти генераторы оказались самыми дешевыми, детально были изучены, и имели хорошие характеристики и КПД несколько ниже 40% и вырабатывающие большую мощность в небольшом объеме «Шаттл». При использовании электромашинных генераторов приходилось решать проблемы их работы в условиях космического пространства, привода и обеспечения стабильности частоты.

Солнечные батареи используют прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Солнечные батареи имеют КПД до 30%, но ухудшают маневренность КА, имеют небольшой срок службы и не работают на теневом участке орбиты. В последние годы солнечные батареи привлекают пристальное внимание ученых всего мира, поскольку удалось получить КПД более 40%. Использование арсенида галлия позволило получить ультратонкие солнечные батареи, небольшой массы, с большим сроком службы. Справедливо использовать на околоземных орбитах для снабжения электроэнергией обитаемых космических станций.

Все перечисленные источники электрической энергии необыкновенно дороги, поэтому цена на 1 кВт-ч, в результате чего из-за солнечных достигает $ 40.

1.4 Структурная схема преобразователя

Принцип статического преобразователя основан на разделении функций между отдельными элементами.

На рисунке 1.3 показана функциональная схема статических преобразователей. Она состоит из следующих блоков:1 кварцевый задающий генератор;

2 - предварительный усилитель;
3 - фазорасщепитель;
4 - предварительный усилитель;
5 - усилитель мощности трехфазного напряжения;
6 - фильтр выходного трехфазного напряжения;
7 - реле;
8 - регулятор трехфазного выходного напряжения;
9 - схема задержки;
10 - усилитель мощности однофазного напряжения;
11 - фильтр выходного однофазного напряжения;
12 - диодный сумматор;
13 - регулятор однофазного выходного напряжения;
14 - трехфазный выход;
15- однофазный выход.

Кварцевый задающий генератор 1 (рисунок 1.3.) предназначен для выработки переменного напряжения стабильной частоты. Он включает в себя (блок-схему рисунок 1.4) кварцевый возбудитель 1, буфер- формирователь 2, блоки делителей частоты 3 и выходной усилитель 4.

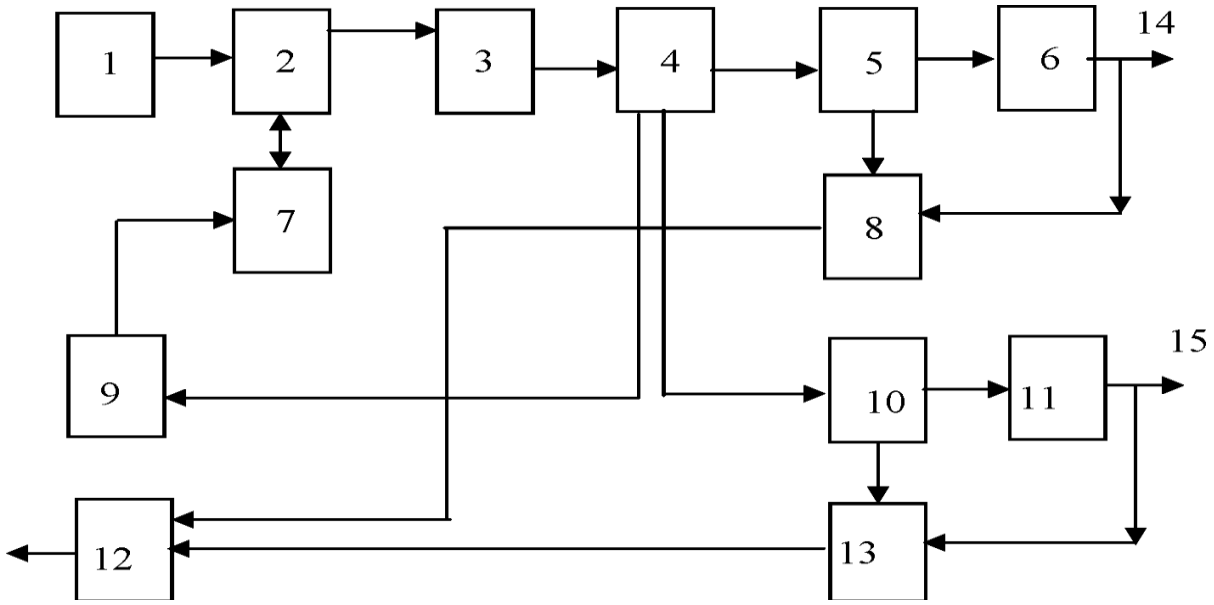

Рисунок 1.3. Блок-схема статического преобразователя

Кварцевый возбудитель 1 (КЗГ) обеспечивает заданную стабильность выходного напряжения кварцевого задающего генератора по частоте. На выходе кварцевого возбудителя формируются импульсы произвольной формы с частотой следования 24 кГц, которые поступают на вход буферного каскада.

Буферный каскад 2 (рисунок 1.4) осуществляет развязку кварцевого возбудителя с делителем частоты и формирует импульсы с крутым передним фронтом для запуска делителей частоты.

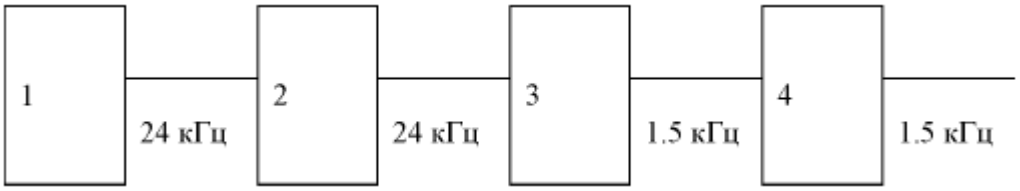

Рисунок 1.4. Блок-схема задающего кварцевого генератора.

1- кварцевый возбудитель,
2- буферный каскад,
3- блок делителей частоты,
4- выходной усилитель.

Блок делителей частоты 3 состоит из четырех триггерных делителей частоты с общим коэффициентом деления 16.
С выхода блока делителей частоты прямоугольные импульсы с частотой следования 1,5 кГц поступают на вход выходного усилителя 4, где они усиливаются по мощности и поступают на вход фазорасщепителя 3 (рисунок 1.4).

Предварительный усилитель 2 (рисунок 1.4) служит для усиления выходного напряжения кварцевого задающего генератора и
исключает реакцию входа фазорасщепителя на выход КЗГ. Работает предварительный усилитель в ключевом режиме.

Фазорасщепитель 3 (рисунок 1.4) предназначен для получения трех напряжений прямоугольной формы частотой 500 Гц, сдвинутых по фазе на 120 градусов. Стабильность частоты фазорасщепителя обеспечивается синхронизацией его от кварцевого задающего генератора.

Предварительный усилитель 4 (рисунок 1.4) предназначен для усиления сигнала фазорасщепителя по мощности и исключения влияния изменения нагрузки прибора на точность угла сдвига фаз и устойчивость синхронизации фазорасщепителя. Он представляет собой делитель на 3.

Усилители мощности 5, 10 предназначены для повышения прочности одно- и трехфазного напряжения.
Трехфазный усилитель имеет три транзистора, сделанные с выходным трансформатором схем двухтактных. Транзисторы работают в режиме коммутации, выход обмоток трансформатора соединены в "треугольник".

Запуск транзисторного усилителя выполнен прямоугольные импульсы. Выход однофазной и трехфазной фильтра 11 для преобразования напряжения прямоугольных 6 усилителей мощности синусоидального напряжения. Они состоят из катушек и конденсаторов, которые образуют резонансный контур.

Этот контур настроен на резонанс на основной частоте. Однофазные регуляторы 13 и три фазные напряжения 8, предназначенные для стабилизации выходной однофазной и трехфазной источника питания, действующего напряжения на однофазной и трехфазной усилителя. Они сделаны в мостовых схемах.

При создании такого преобразователя, все эти претензии подразделяются на различные элементы. Источником колебаний является кварцевый генератор, который вырабатывает колебания произвольной формы, но стабильной частоты 24кГц. Нестабильность составляет $10"^{4}$... 10^{6} %. Поскольку изготовить кварц на частоту 500Гц невозможно и с целью уменьшения веса, кварцевый генератор генерирует частоту 24кГц. Потом эта частота делится в 16 раз.

С выхода делителя получаем прямоугольное напряжение с частотой 1500Гц.

С помощью расщепителя фаз напряжение делится в 3 раза и сдвигается на 120°, получаем трехфазное напряжение прямоугольной формы.

Три предварительных усилителя доводят это напряжение до нужной величины, необходимой для управления усилителями мощности. Три усилителя мощности обеспечивают необходимую выходную мощность, и после фильтров получаем напряжение синусоидальной формы.

Измеритель напряжения определяет отклонение напряжения от заданной величины и управляет регулятором напряжения. Если измеряемое напряжение выходит за заданное значение, система контроля и сигнализации (СКИС) выключает этот преобразователь и включает резервный. Кроме того, на СКИС попадает сигнал из кварцевого генератора. Вообще, в составе статического преобразователя используется 2 кварцевых генератора. Если один из них отказал, то СКИС включает другой.

Все процессы, происходящие в данном преобразователе с напряжением прямоугольной формы, транзисторы работают в сменном режиме, есть два - режиме работает или не работает. Этот режим отличается тем, что мощность, потребляемый в транзисторе мал. Это приводит к повышению эффективности, снижение радиаторов, уменьшению веса контроллера. Кроме того, фильтрация прямоугольных волн может быть получен при значительно более низких гармоник.

2 Энергопитание спутника на геостационарной орбите

2.1 Солнечные батареи

Сложные электромеханические устройства представляют собой солнечные батареи космических аппаратов. Они обеспечивают электрическое соединение, а так же располагают их на единой монолитной основе.

Устойчивость и прочность при маневрах и вибрации всей конструкции, под обтекателем размещение, возможность ориентации и монтажа в условиях космоса, а так же возможность раскрытия.

Солнечные батареи бывают двух видов ориентируемые и неориентируемые. По двум или одной координате может быть осуществлена солнечная ориентация.

Для безопасности неориентируемые солнечные батареи устойчиво крепят к корпусу космического аппарата и они являются неотъемлемой частью корпуса космического аппарата.

Солнечные панели разделяют на конструкции с жесткой, гибкой, а так же полужесткой поверхности, в зависимости от характеристик несущей опоры.

Малые прогибы панелей, а так же высокие резонансные частоты имеют монокристаллические ячейки, которые накладываются на листы. Они изготавливаются из жесткой несущей конструкции для солнечных батарей. Мощность такой конструкции составляет 20-40 Вт/кг

С помощью балок и пантографов, а так же раскладных матч могут удерживать в рабочем положении солнечные панели. Гибкие солнечные батареи оснащены подложкой с нулевым изгибом. Складные или пакетные, свертываемые или рулонные: конструкция солнечных батарей с гибкой несущих поверхностью могут быть различных видов. Их мощность варьируется от 40-90 Вт/кг.

Увеличение коэффициента полезного действия и толщины солнечных панелей, является актуальной задачей. Применение фотоэлектрических преобразователей является наиболее перспективным направлением в этом решение, а так же применение ультратонких фотоэлектрических преобразователей. Ожидаемая мощность до 200Вт/кг.

Параллельно и последовательно необходимо соединять фотоэлектрические преобразователи для получение необходимого тока и напряжения. До несколько сот тысяч элементов соединялось в панелях старого типа. При отказе до 90 % фотоэлектрические преобразователи продолжали работать, но это приводило к огромному весу соединительных проводов. В настоящее время фотоэлектрические преобразователи несут в себе большие размеры, а так же генерируют ток до 7А/шт.

Необходимо соединить параллельно 34 ветви и последовательно 55 элементов для генерации тока 200мА и напряжения 27 В. Таким образом батарея содержит в себе всего 1890 элементов.

Возникает проблема при электрическом соединение фотоэлектрического преобразователя: получаем высокую надежность солнечных батарей при соединении параллельном и последовательном, то получает большую массу. Если последовательно соединить 55 эелементов фотоэлектрических преобразователей, а потом эти ветки соединить параллельно, получает тогда массу минимальную, но так же и маленькую надежность конструкции, что приводит к малому сроку службы.

Проблема номер два: возникновение силы момента приводит к развороту всего космического аппарата, при взаимодействие тока и использовании солнечных батарей, текущего по линии электроэнергии.

Проблема номер три: она связана с статистической электризацией панелей солнечных батарей. Порчу и пробой фотоэлектрического преобразователя может вызвать постепенное накапливание заряда статистического электричества. Для устранения данной проблемы приклеивают токопроводящие пленки, но как правило они уменьшают коэффициент полезного действии.

2.2 Космические фотоэлектрические преобразователи и солнечные батареи

Арсенид галлия и родственные ему соединения на сегодня является наиболее перспективным путем решения повышения коэффициента полезного действия для солнечных батарей. Солнечные батареи изготовленные на основе этого материала обеспечивают существенное повышения коэффициента полезного действия, по сравнению с батареями изготовленные на основе кремния.

Фотоэлектрические преобразователи на основе арсенида галлия обеспечивают:

1) Увеличенный срок службы на геостационарных орбитах, а так же увеличение радиационной стойкости. Это увеличивает срок эксплуатация до 15 лет.

2) Повышение коэффициента полезного действия при высоких степенях концентрата солнечного излучения. Около 30-35%

За пройденный срок изготовления и эксплуатации фотоэлектрических преобразователей, солнечные батареи на основе арсенида галлия, ученными накоплен огромный мировой опыт.

Уже доказано что фотоэлектрические преобразователи на основе данного соединения лучше и по характеристикам и по радиационной стойкости лучше фотоэлектрических преобразователей на основе кремния .

Фотоэлектрические преобразователи на основе арсенида галлия имею большой коэффициент поглощения солнечного излучения, что дает возможность сохранять высокий коэффициент полезного действия, а так же уменьшить структура в толщине до 10 мкм., что позволяет снизить вес на ветки космического аппарата в 2-3 раза.

Фотоэлектрические преобразователи из арсенида галлия повышают эффективность, а так же повышения радиационной стойкости, что позволяет увеличить ресурс работы космических солнечных батарей.

Как показывают исследования, ухудшение космических солнечных батарей под воздействием радиационного излучения существенно зависит от орбиты космического аппарата.

Для низкоорбитальных космических аппаратов высота 770км. Ухудшение солнечных батарей на основе арсенида галлия составляет 15% в течении 5 лет нахождения космического аппарата на орбите.

Для космического аппарата который находится на геостационарной орбите ухудшения свойств солнечных батарей составляет 32% для батарей на основе кремния и 16% на основе арсенида галлия, за период 15 лет пребывания на орбите.

Для существенно опасных орбит радиационной концентрации 7500 км при угле 60°, ухудшение составляет 50% для кремния и 22% для арсенида галлия, за период 5 лет пребывания на орбите.

Таким образом применение для энергоснабжения космического аппарата батарей, на основе арсенида галлия, дает огромную экономическую выгоду, по сравнению с солнечными батареями на основе кремния. Несмотря на дороговизну, таких батарей.

Невероятно важным моментом арсенида галлия для фотоэлектрических преобразователей, является их способность генерировать 100-1200-кратно концентрированное солнечное излучение.

Пропорционально степени концентрирования полупроводниковых материалов производителям дается возможность снизить расходы на производства данных панелей. Следовательно, количественно снизить стоимость энергии солнца.

Следующие преимущества при переходе к концентрированным солнечным батареям в космосе являются:

- Для избегания ионизирующих излучений концентрирующие системы предоставляется возможным организация защиты фотопреобразователя элементами;
- Обеспечение термического отжига радиационных дефектов, возможность выбора тепловой режим фотоэлектрического преобразователя;
- Повышение улучшения радиационной стойкости фотоэлектрического преобразователя, работающего при повышении плотности потока. Работа осуществляется за счет фотонного отжига радиационных ухудшений.

В каскадных фотоэлектрических преобразователей возможно достич существенное улучшения коэффициента полезного действия от 25-28% и до количества порядка 31-36% в случае если облучение будет концентрированным.

На сегодняшний день передовыми учеными Мюнхена, были разработаны фотоэлектрические преобразователи у которых коэффициент полезного действия достигает порядка 40-45%. В настоящее время эти ячейки

тестируются в условии лаборатории, а так же в практическом применении космоса. На этом разработки ученных всего мира не останавливаются и в будущем будут вестись разработки по улучшению данных конструкций. Данный вид энергии всегда будет востребован, так как он экономичный в плане затрат на строительство и в экологическом плане.

2.3 Структура монокристаллических ячеек арсенида галлия

Рисунок 2.1 Внешний вид ячейки

Фотоэлектрические преобразователи производятся на основе монокристаллического сплава арсенида галлия. Как p-типа, так и n-типа технологии. Такие фотоэлектрические преобразователи гарантированно обеспечивают высокие параметры ячеек, широкий спектр применения, а так долговечность работы в условиях суровой среды.

Такие элементы имеют структуру:

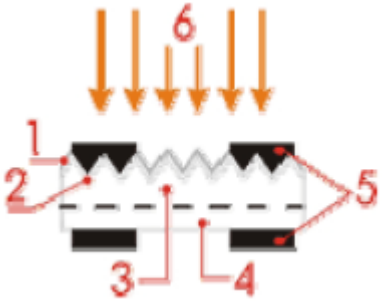

Рисунок 2.2 Структура ячейки

1 - текстура с антиотражающим покрытием
2 - $n^+(p^+)$-арсенид галлия,
3 - p (n) –арсенид галлия,
4 - p^+ (n^+) – арсенид галлия,
5- металл ,
6- солнечный свет .

Все элементы фотоэлектрических преобразователей как n-типа так и p-типа невидимы для инфракрасной области спектра, что соответственно приводит к маленькому нагреванию преобразователей на солнце, и как правило увеличению эффективности.

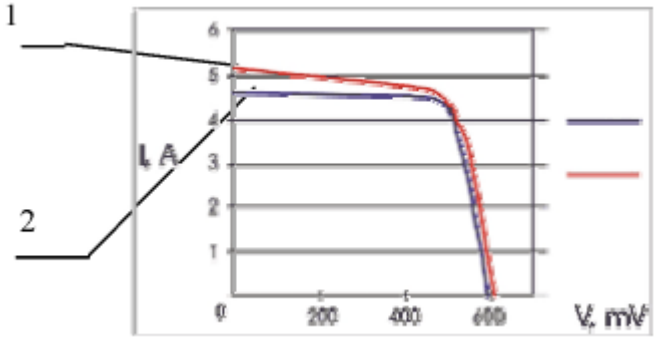

Рисунок 2.3 Вольтамперные характеристики фотоэлектрической пластины солнечного сигмента125x125 из арсенида галлия с маленьким (позиция 2) и увеличенным (позиция 1) удельным сопротивлением.

На сегодняшнее время как правило выпускаются квадратные фотоэлектрические преобразователи, номинальным размером от 175 мм. До 100 мм.

Все модули имеют качественную прочную рамку из аллюминия и стеклянное осветленное покрытие.

С защитным покрытием солнечные батареи как правило изготавливаются из каленного стекла, и наклеиваются на элементы с коэффициентом полезного действия от 20% и выше, в среднем 20-25%.В настоящее время немецкими учеными разработана технология производства монокристаллических ячеек с КПД до 40%

2.4 Вторичные источники электроэнергии

Вторичные источники преобразовывают одно значение напряжения и частоты напряжения на другой частоте и величине.

Для обеспечения работы различного бортового оборудования необходимо иметь некоторое напряжение. Самый удобный способ получить его, это используя переменное напряжение DC-DC преобразователь к сети переменного тока 500 (1000) Гц, 40В.

Есть два режима преобразования: динамические и статические преобразователи.

Динамический преобразователь представляет собой соединение, в одной машине постоянного тока для двигателя и генератора переменного тока. Регулятор напряжения и частоты такой машины является сложным устройством, и составляет около половины веса инвертора.

Недостатки:

- не работает в условиях вакуума,
- создает большие помехи электронной аппаратуре,
- создает вибрации,
- требует постоянного обслуживания,
- большая полетная масса,
- низкий КПД,
- недостаточно высокая надежность.

В настоящее время SC создал надежный транзистор статического DC преобразователя переменного тока (инвертора) с мощностью несколько киловатт, превосходя по основным параметрам преобразователи электромашинные. Эффективность транзисторных преобразователей может достигать 60-70%.

По сравнению с электрической машиной статические преобразователи имеют следующие преимущества:

время выхода на рабочий режим меньше в 5-10 раз и составляет доли секунды;

- в несколько раз меньше пусковые токи;
- лучшее качество переходных процессов;
- отсутствуют акустические шумы, создаваемые при работе преобразователя;
- большой срок службы,
- малые масса и габариты.

К ним предъявляются жесткие требования:

- нестабильность частоты не хуже, чем $10''^{4}$
- отклонение амплитуды напряжения не больше ±5%
- форма переменного напряжения должна отличаться от гармонического не больше, чем на несколько %..

Использование кремниевых транзисторов позволяет создавать преобразователи, которые работают при температурах до 80-100 °С . Полупроводниковые преобразователи работают в ключевом режиме. Этот режим позволяет использовать относительно небольшие устройства питания для управления достаточно большой емкости для загрузки.

Показана возможность дальнейшего улучшения выходных характеристик статических преобразователей, за счет использования дополнительных фильтров, возможно увеличить количество стадии конверсии, и так далее.

Надежность полупроводниковых преобразователей за счет увеличения избыточности и дублирования элементов, которые практически мало влияют на увеличение их размера и веса по сравнению с вращающимися преобразователями.

Технические характеристики преобразователя приведены в таблице 2.1. Прибор предназначен для питания специальной аппаратуры переменным током стабилизированной частоты 500 Гц и стабилизированным напряжением 40 В.

Таблица 2.1. Технические характеристики преобразователя

№№	Наименование параметра	Численное значение
1	Напряжение питания, В	27^{+4}_{-3}
2	Частота выходных напряжений, Гц	500
3	Выходное напряжение, В: • однофазное • трехфазное	 $40^{+1,2}_{-1,2}$ 40^{+2}_{-2}
4	Коэффициент нелинейных искажений, % • по однофазному выходу • по трехфазному выходу	 5 10
5	Выходные мощности, ВА: • однофазного выхода • трехфазного выхода	 0…65 0…115
6	Коэффициент мощности нагрузок: • однофазных (индуктивных) • трехфазных (индуктив.или емкостных)	 0.7 0.8…1
7	КПД, не менее	0.62
8	Масса, кг, не более	12.5
9	Ресурс работы, час	1000

2.5 Топливные элементы

Топливный элемент - это устройство, которое обеспечивает прямое преобразование химической энергии в электрическую энергию. Хотя то же самое происходит в электрических батарей, топливные элементы имеют два основных отличия:

- Они функционируют до тех пор, как только топливо (топливо и окислитель) поступают из внешнего источника;

Электролит химического состава в процессе работы не изменяется, то есть топливный элемент не должен быть перезаряжен. Принцип действия топливных элементов был запатентован в 1836 году, однако его реализация

была реализована только в 60-х годах 20-го века. Причина заключается в том, что для этого и требует совместные усилия нескольких систем обслуживания. В настоящее время система питания на основе топливных элементов, используемых Shatllah имеет ресурс приближающийся 5000 часов и многие батареи легче.

2.5.1 Принцип действия топливных элементов

Топливный элемент рисунок 2.3 состоит из двух электродов, разделенных электролитом, а также системы подачи топлива на один электрод и окислитель к другому, а также системы для удаления продуктов реакции. В большинстве случаев, используются катализаторы для ускорения химической реакции. Внешний элемент электрической цепи соединен с топливной нагрузкой, которая потребляет энергию.

В топливном элементе с щелочным электролитом (обычно концентрированный гидроксид натрия или калия) химические реакции: ионы гидроксильных групп OH "диффундируют к водородному электроду, водород проходит через анод и реагирует в присутствии катализатора с вакантно доступным электролитом иона гидроксила (OH) образуются две молекулы воды, два электрона и тепло:

H2 4-2OH ->2HгO + 2e .

Кислород подается на катод и электролит проходит также на поверхности электрода реагирует с катализатором. На катоде кислород вступает в реакцию с водой, содержащейся в электролите и электронов из внешней цепи, образуются ионы гидроксила. Полученную реакционную на катоде можно записать в виде:

Общая реакция:

$$1/2O_2 + H_2 = H_2O + Q$$

без потребления электролита и выделения/потребления газов, что позволяет делать ТЭ с малым количеством электролита и герметизированными.

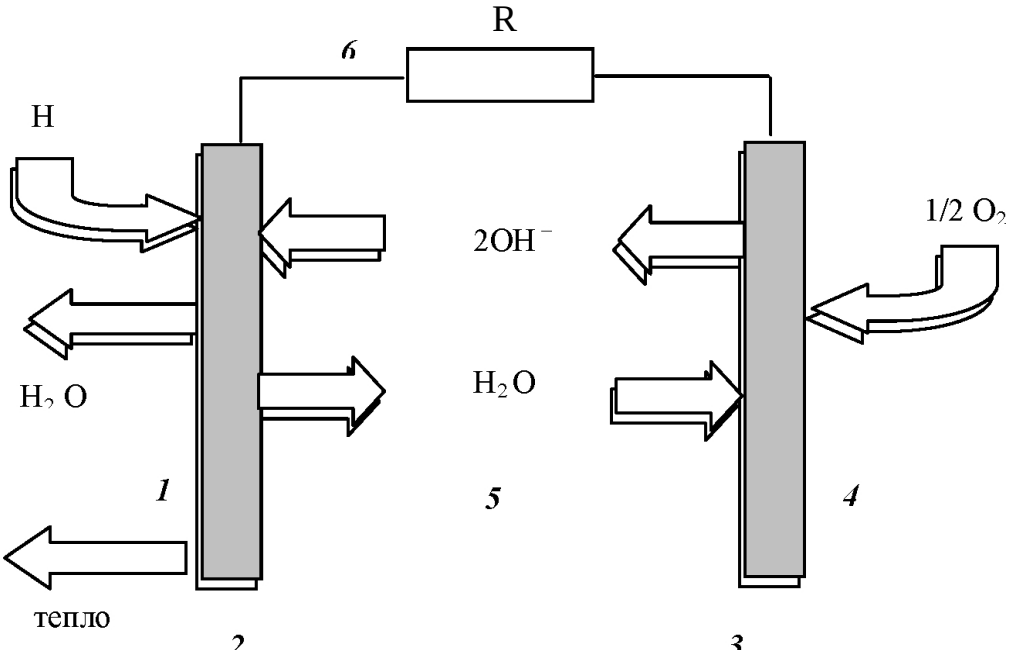

Рисунок 2.3 Принцип действия топливного элемента

1-газоводородная камера;
2,3-электроды;
4-газокислородная камера;
5-электролит;
6-нагрузка;

Поток электронов и ионов поддерживает баланс заряда и вещества в электролите.

Образующаяся в результате реакции вода, которая частично разбавляет электролит, необходимо убрать. В любом топливном элементе часть энергии химической реакции превращается в тепло. Поток электронов во внешней цепи представляет собой постоянный ток, который используется для совершения работы.

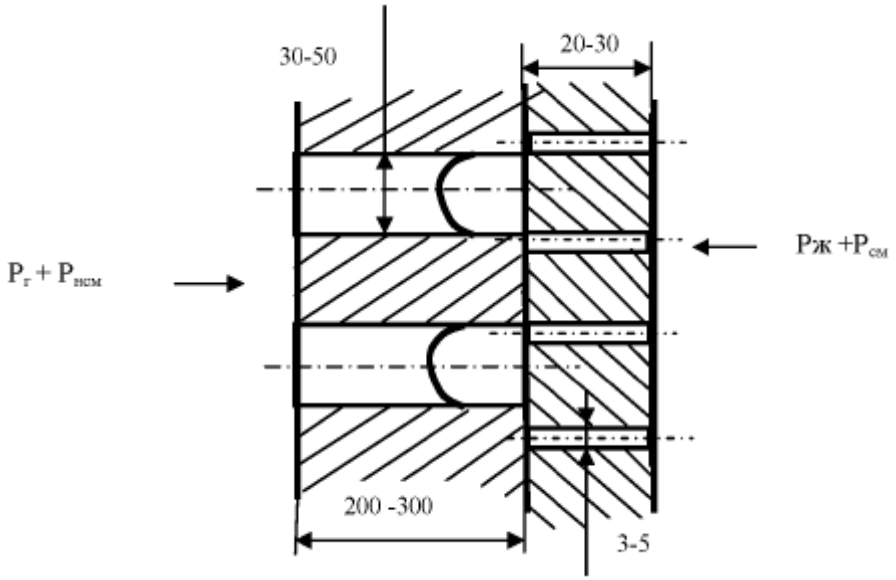

Рисунок. 2.4 Электрод топливного элемента
(размеры указаны в микрометрах)

Большинство реакций в э.д.с. ячейки топлива обеспечивают около 1 В. Разрыв цепи или прекращение движения ионов останавливает топливный элемент. Процесс происходит в топливном элементе водород-кислород является по своей сути хорошо известен обратный процесс электролиза, в котором вода диссоциирует при пропускании электрического тока через электролит.

Реакция может протекать только внутри электрода, так как только в присутствии катализатора, может иметь место при рабочей температуре реакции топливного элемента. Катализатор, используемый для всех температур является платина Pt, при T> 200 ° C - Ni никель.

Для обеспечения нормальной работы топливного элемента, требуют специальных электродов (рисунок 2.5).

Такая толщина пластины достаточно для обеспечения разности давлений между жидкостью и газом ± 0,5 атмосфер. Электрод должен быть двухслойным. Первый тонкий слой покрыт небольшие отверстия смачиватель, который создает капиллярную силу, эссенции жидкости к газу. Во-вторых, более толстый участок электрода имеет отверстия 30-50 мкм, которые покрыты не смачиваемым материалом, который имеет тенденцию оттеснить жидкого электролита.

Например, повышенное давление в жидкости. В связи с этим, жидкость движется в направлении несмачивающей силы газа увеличивается для компенсации избыточного давления.

В настоящее время электроды выполнены из проволоки методом технологии «металл-каучук".

Теоретически размер топливного элемента может быть сколь угодно большим. Тем не менее, на практике эти элементы объединены в несколько меньших модулей или панелей, которые соединены последовательно или параллельно.

2.5.2 Классификация топливных элементов

Существуют различные типы топливных элементов. Они могут быть классифицированы, например, используется топливо, рабочее давление и температуру, что в способе удаления воды.

а) тип топлива: основанный на H2 и O3. Продукт реакции - тепло, электричество и вода. Для SC является наиболее удобным видом топлива и кислорода, поскольку вода может быть использована в системе жизнеобеспечения (теплоносителя). То есть может в принципе работать на любом топливе.

б) рабочая температура: низкая температура - 100 ° C ("Шаттл", "Близнецы") Выделение группы топливных элементов низкотемпературной объясняет сбор воды средства, такие, как для топливных элементов, он находится в жидком состоянии;

Средняя температура - 260 ° -300 ° C ("Аполлон"), для этих типичных максимальной скорости реакции топливного элемента. Высокая температура - 1000 ° C. Применение таких спутников проблематично из-за высокой температуры и трудности отвода тепла. Интенсивно ведутся работы по созданию топливных элементов для наземного использования, работающих на природном газе и кислородом воздуха при температуре 500-700 ° C с КПД около 70%.

в) по способу сбора воды: фитиль (как керосиновая лампа). Используется для "Близнецах" и очень медленно адаптированна;

- испарение, типичное для средних ТЕ, где вода находится в газообразном состоянии;
- динамический: использовать камеру с низким парциальным давлением воды подключен к водородной газовой камере с помощью однонаправленной мембраны с водой проводимостью.
- в среднем электролита:
- жидкость используется расплавленный КОН при температуре около 250 ° C;
- твердый (ионообменная мембрана), носитель - ион водорода;
- Матрица используется микропористый материал - асбест, в котором заливают жидкий

электролит.

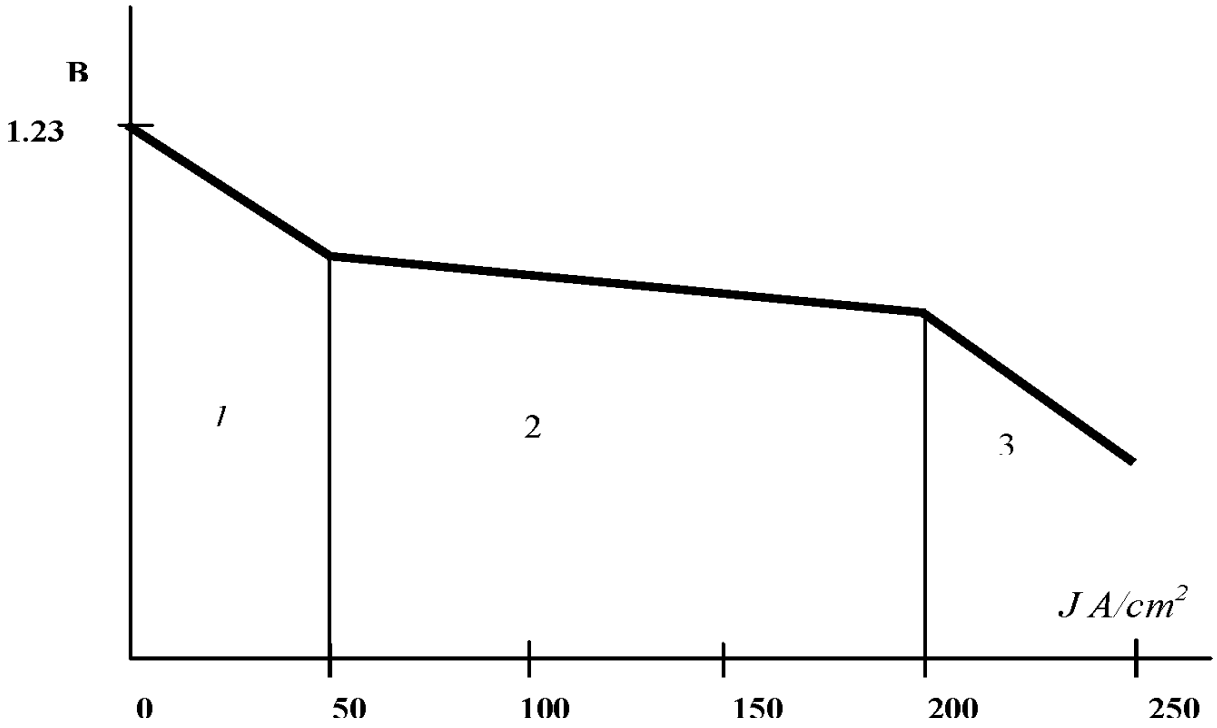

Рисунок 2.5 Вольтамперная характеристика ТЭ

Рисунок 2.5 Вольтамперная характеристика ТЭ Вольтамперная характеристика ТЭ на кислороде - водороде (рисунок 2.5) может быть разделена на три участка в зависимости от процесса, определяющего падение напряжения. ЭДС такого ТЭ составляет 1.23 В.

1-я секция: характеризуется потреблением энергии для организации химического процесса (химическая поляризация) (рисунок 2.5, раздел 1);

2-ая секция характеризуется первичным падением напряжения на "омическими" элементов - на электроды и электролит;

3-я секция - ионы не успевают войти в электроды, отсутствие концентрации ионов (концентрация поляризации).

Повышение температуры электролита снижает вероятность организации по стоимости энергии химических процессов и при температуре около 2000 ° С, то процесс переходит на них. Изменение температуры оказывает незначительное влияние на величину падения напряжения на участке 2.

На станции 3 начальное повышение температуры приводит к увеличению энергии ионов - наклон уменьшается. Повышение температуры приводит к увеличению молекулярных колебаний электролита, что затрудняет движение ионов, скорость движения ионов уменьшается.

Таким образом, существует оптимальная температура электролита, в котором секция 3 будет минимальным падением напряжения. КОН электролит с концентрацией 1,8 оптимальная температура составляет около

250 ° С чтобы электролит оставался жидким, давление должно быть около 4,5 атмосфер.

Для топливных элементов нет термодинамического ограничения использования энергии. Существующие топливные элементы которые от 60 до 70% энергии топлива преобразуется в электричество.

Топливные элементы могут быть в ближайшем будущем, чтобы стать широко используемым источником энергии в транспорте, в промышленности и в быту. Высокая стоимость топливных элементов ограничивает их использование военного и космического назначения.

Предполагаемое использование топливных элементов, включают их использование в качестве портативных источников энергии в военных целях и компактных альтернативных источников энергии для спутников в околоземном пространстве с солнечными батареями во время прохождения по расширенной синхронизации орбите. Небольшой размер и вес топливных элементов позволяют использовать их в пилотируемых полетов на Луну. Топливные элементы на борту тройного "Аполлон" корабля, используемый для питания бортовых компьютеров и систем беспроводной связи. Топливные элементы могут быть использованы в качестве источника питания оборудования в отдаленных районах внедорожных и для транспортных средств, таких как строительство. В сочетании с двигателем постоянного тока является эффективной движущей топливных элементах транспортного средства источником силы.

Для широкого применения топливных элементов нуждаются в значительном технического прогресса, снижения их стоимости и возможность эффективного использования дешевого топлива. В этих условиях, топливные элементы делают электричество и механическая энергия широко доступны по всему миру.

2.6 Никель-водородные аккумуляторы

Никель-водородные аккумуляторы являются основными батареи используются в геостационарных спутников. В настоящее время они интенсивно развивается.

Аккумулятор никель-водородные использовали положительный электрод никель-кадмиевых батарей, отрицательный электрод водородного электрода и основаны на платине или другого катализатора. Ток-продуцирующие реакции в батарее имеет вид

$$2NiOOH + H_2 \rightleftarrows 2Ni(OH)_2 .$$

При заряде выделяется водород, который накапливается под давлением; при разряде водород расходуется и давление его уменьшается. Никель-водородные аккумуляторы являются одним из немногих аккумуляторов, которые при эксплуатации в составе батарей не боятся перезаряда и переполюсовки.

Характеристики никель-водородных аккумуляторов: среднее напряжение разряда 1,22-1,26 В, 1,1 В конечное; конечное напряжение заряда 1,55-1,58 В; удельная энергия от 40 до 65 Вт- ч / кг; ресурс составляет более 10 тыс. циклов.

Недостаток - существенный саморазряд: заряженный аккумулятор теряет при комнатной температуре 6-12% емкости в сутки ..

Основными преимуществами никель-водородных аккумуляторов являются герметичность, простота и надежность в эксплуатации, большой срок службы при относительно высоких удельных характеристиках.

3 Проектирование цифровых систем спутниковой связи

Как показывает мировой опыт, наиболее перспективным на сегодняшний день в направлении создания и развития спутниковых систем для связи и передачи данных является использование сетей на базе VSAT технологии (Very Small Aperture Terminal), то есть небольшие спутниковые терминалы и размер антенны от 0,9 до 4,5 м.

Одной из первых причин отсутствия спроса на массу абонентских VSAT терминалов - это высокая стоимость данного оборудования.

Вместе с уменьшением стоимости оборудования является снижение роста VSAT-тарифов на услуги, которые в ближайшем будущем смогут составить $ 5-10 в минуту. За последнее десятилетие, стоимость на VSAT-терминалов уменьшилось в 5-10 раз.

В конце 2000 года около 300 антенн были установлены в мире. приемопередатчик VSAT терминалов к концу 2001 года их число уже было 500 тысяч. Средняя глобальная скорость увеличения числа терминалов VSAT-приблизительно 14-18%, и прогнозы показывают, что рынок VSAT далек от насыщения, даже в наиболее развитых странах и городах, таких как США, Великобритании и Японии, тем более в России и Казахстане. Такое оборудование уже успешно работает в более чем 120 странах по всему миру, обеспечивая трафик с суммарной мощностью около 3 Гбит / с.

В ближайшее время прогнозируется быстрый рост VSAT промышленности, из-за ряда преимуществ этой технологии: антенны относительно небольшого диаметра, а также возможность размещения VSAT-терминалов непосредственно на территории заказчика, достаточно высокие скорости передачи данных и способность быстро увеличить скорость передачи информации за счет увеличения размера антенны.

Для обеспечения радиовещательных услуг чаще всего используются VSAT-многоточка топологии сети. Пропускная способность канала вещания может варьироваться от низкой (2,4 - 64 кбит / с) до очень высокой скорости (2,048 - 8,448 Мбит / с). Используется для одновременного управления несколькими объектами в реальном масштабе времени.

Сегодня, через геостационарные спутники могут быть подключены напрямую к серверу шлюза корпоративной сети Интернета в США, Европе и Австралии. И получить полный пакет услуг широкополосного доступа для конкретного канала связи - от 19,2 кбит / с до 8448 Мбит / с. Рынок предлагает терминалы для доступа в Интернет по стандарту DVB-RCS. На основе хорошо создана в DTH высокоскоростной передачи данных технологии DVB-S. Дополненная обратного канала (Return Cannel через спутник) через тот же спутник.

Стандартная гибкость позволяет создать устройство недорогую около $ 1000 для индивидуальных пользователей с низкой скоростью обратного канала. И более дорогим для корпоративных клиентов и операторов связи.

Соответственно, дорогостоящие системы шин, такие как "точка-точка", уже давно в бывшей монополии спутниковой связи. Сегодня уступило корпоративных сетей, таких как "точка-многоточка", состоящий обычно из сильной станции, которая выполняет работу концентратора - маршрутизатор, и набор периферийных устройств, таких как VSAT станций.

Выделенные сети на основе VSAT-терминалов в состоянии обеспечить их удаленных пользователей с широким спектром услуг. В том числе высококачественный телефон, факс, передача данных с разной скоростью, создание видеоконференций и распространения телевизионных программ.

3.1 Основные положения

Класс земные станции VSAT (с очень малой апертурой терминал) спутниковые станции включают в себя технические характеристики, которые отвечают следующим требованиям Рек. МСЭ-R S.725 «Технические характеристики VSAT»

- VSAT станции устанавливаются непосредственно от пользователя, а плотность их размещения в ограниченном пространстве может быть достаточно высокой;
- Станции, как правило, не имеют постоянного квалифицированного персонала;
- Контроль и управление VSAT станций в сети осуществляется централизованно, но дополнительно могут быть использованы и локальные системы мониторинга и управления станцией;
- VSAT станций фиксированной спутниковой службы (ФСС) и должны соответствовать требованиям Регламента радиосвязи и МСЭ-R, а также всех фиксированной спутниковой службы земной станции;
- VSAT станции, как правило, используются в так называемых частных выделенных сетей, бизнес-данных и услуги телефонии в цифровой форме в режимах работы только на прием симплекс или передачи / приема (дуплекс);
- VSAT антенны обычно имеют диаметр 1,8 - 3,5 м, но в некоторых системах могут быть использованы и большие антенны (диаметром до 6 м);
- Скорость передачи информации в цифровом виде от VSAT станции, как правило, не превышает 2 Мбит / с;
- В VSAT станции используют радиопередатчик малой мощности (обычно от 1 до 20 Вт) с обязательным ограничением излучаемой мощности для обеспечения безопасности.

В настоящее время сеть VSAT станции часто работают в диапазонах частот 6,4 ГГц ФСС и 14 / 11-12 ГГц.

3.2 Организация связи в сетях VSAT

Для передачи речи используется в этих сетях несколько типов речевых кодеков, которые обеспечивают необходимую скорость передачи 64 кбит / с - PCM (G.711), 32 кбит / с -ADPCM (G.721), 8-16 кбит / с - ЛПОВ, CELP и др.

Различные типы аналоговых интерфейсов: 2-х проводная Loop Start, 4-проводной E & M или DTMF.

При создании корпоративных сетей связи в сельских или удаленных станций, подключенных к существующим сетям, в том числе коммутируемой сети общего пользования, этот вид связи является очень эффективным. Прямое соединение с доступом VSAT-станции повышает эффективность и исключает стоимость "последней мили".

Современные VSAT-оборудование позволяет модели для подключения к наземной сети ISDN. Типичные скорости передачи данных, когда такое соединение (один интерфейс BRI) - 128 (144) кбит / с.

С помощью современных алгоритмов сжатия позволяет "упаковать" речевой канал в полосе пропускания 6,4 или 4,8 кбит / с, в результате чего пропускная способность спутника увеличена в 10-12 раз в передаче речи.
Перевод средних и высокоскоростных потоков VSAT каналов информации, представленной с вероятностью ошибки не хуже, чем 10. VSAT-терминалы не поддерживают практически все типы сетевых интерфейсов, включающий в себя: RS 232, RS 449/422, Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5), таким образом, может быть использован для услуг ЛВС на базе самого популярного протокола IP, IPX, Net- BIOS. Кроме того, использование многопротокольной среды и технологии ретрансляции кадров позволяет создавать многосетевой (гибкое изменение профиля службы), в которых трафик может меняться в широких пределах (от 64 кбит / с до 8.448 Мбит / с).

Основными потребителями услуг и мультимедиа высокоскоростной передачи данных являются банки и страховые компании, средства массовой информации, государственных учреждений, промышленных предприятий и операторов связи.

VSAT-технология позволяет также создание корпоративных многоцелевом сеть с коммутацией пакетов с большим количеством удаленных станций. Скорость передачи данных в таких сетях, как правило, не превышают 64 кбит / с, а также трансляции данных осуществляется с использованием стандартных протоколов X.25 / X.28 HZ, LAP-B, HDLC, SNA / SDLC. Эти сети с множеством узлов характеризуются асимметричным трафиком с лавины или непредсказуемой нагрузкой. Тем не менее, VSAT-технология позволяет организовать постоянный или дополнительный канал "по требованию" и обеспечить введение приоритетов для различных типов трафика. В качестве примера является сеть автозаправочных станций для проверки кредитных карт в режиме реального времени мониторинга сети банкоматов, телеметрию и метеорологической сети сбора, и обработки данных, и так далее. Н.

Используется для одновременного управления несколькими объектами в режиме реального времени для предоставления широковещательных услуг чаще всего используются VSAT-многоточечной топологии сети. Пропускная способность канала вещания может варьироваться от низкой (2,4-64 кбит / с) до очень высокой скорости (2,048-8,448 Мбит / с). В качестве абонентского

оборудования используются небольшие VSAT-терминалы с антенным диаметром до 1 м. Стандартные интерфейсы -rs 232, RS 449/422, V.35, Ethernet 10Base -T. организации распределительных сетей вещания, как правило, с разветвленной структурой филиалов или компаний, участвующих в обслуживании массового, таких как информационные агентства, торговые компании, имеющей множество географически распределенных магазинов, пейджинговых компаний. Удаленные сети, могут быть объединены в подсети, получая только некоторые конкретные поток данных.

С точки зрения трафика, есть три основных варианта для обмена данными в сетях VSAT:

Сеть типа "точка - точка" - простейший случай двусторонней линии связи между двумя удаленными станциями;

Сеть типа "звезда" - для разнонаправленного радиальная сетевого трафика между центром и периферией точек соприкосновения;

Сеть типа "друг с другом" - для прямых связей между любыми точками контактной сети.

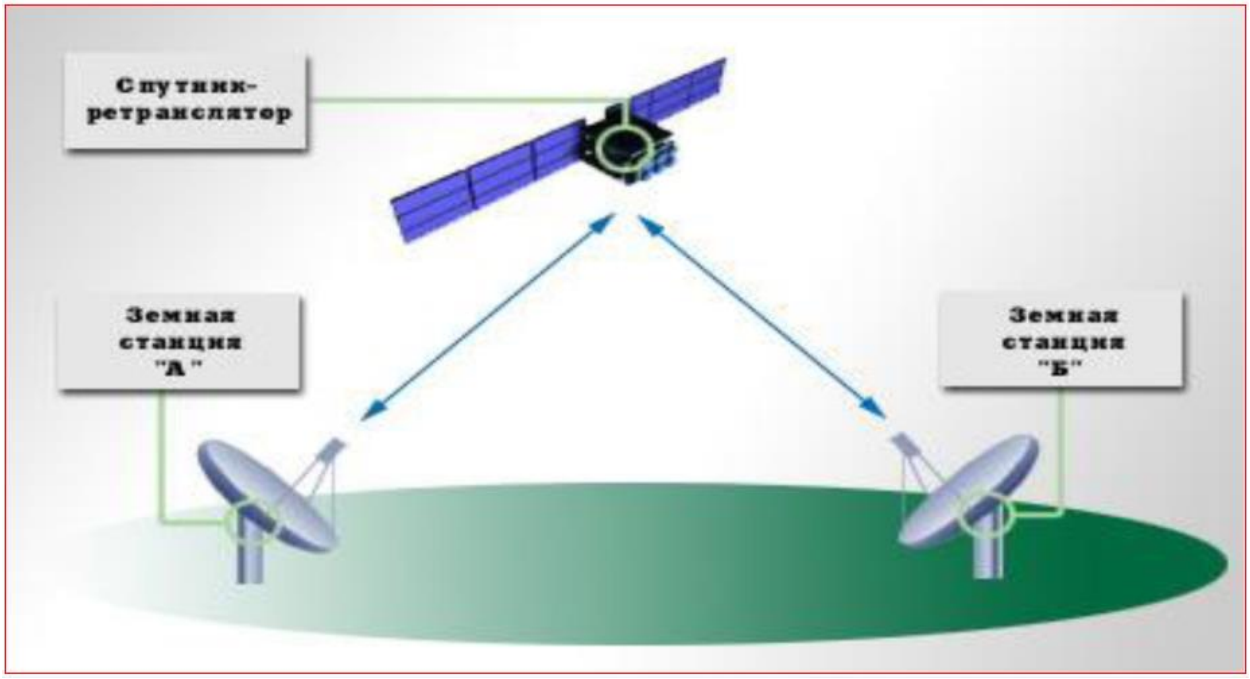

Рисунок. 3.1 - Сеть типа «точка-точка»

Сеть типа «точка - точка» позволяет обеспечить прямую двустороннюю связь между двумя удалёнными пунктами связи. Такая схема связи наиболее эффективна при больших расстояниях между пунктами или их расположении в труднодоступных регионах.

В наиболее распространённых для станций класса VSAT сетях типа «звезда» (рисунок 3.2) обеспечивается многонаправленный радиальный трафик между центральной земной станцией сети и удалёнными периферийными станциями (терминалами) VSAT по энергетически выгодной схеме: малая земная станция VSAT большая центральная земная станция, обладающая антенной большого диаметра и мощным передатчиком.

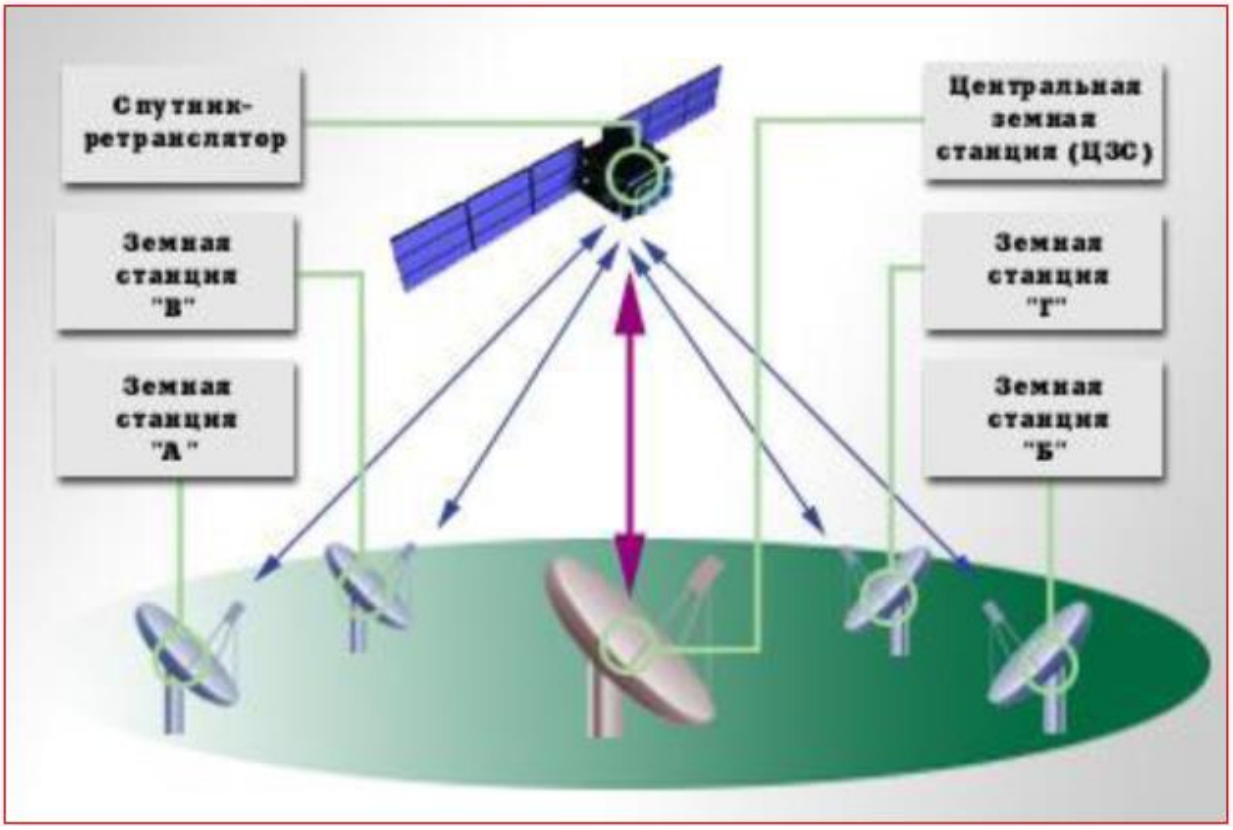

Рисунок 3.2 - Сеть типа «звезда»

Недостатком архитектуры «звезда» является наличие двойного скачка при связи между терминалами сети, что приводит к значительным задержкам в сигнале. VSAT сетей, таких архитектур широко используются для обмена информацией между большим количеством удаленных терминалов, которые не имеют взаимного трафика, а также в центральном офисе компании, различных транспортных, производство и финансовых учреждений.

Аналогичным образом построены телефонные сети для обслуживания удаленных пользователей, которая обеспечивает доступ к коммутируемой телефонной сети общего пользования через центральную станцию, соединена с центром коммутации или наземной АТС. Функции контроля и управления в типе сети "звезда", как правило, централизованы и сконцентрированы в центральной станции управления сетью. Центральная станция управления выполняет сервисную функцию соединения между абонентами сети (как наземных и спутниковых терминалов), а также поддерживать рабочее состояние всех терминалов VSAT периферийных устройств.

Обычно функции центра операций центрального земной станции и сети объединяются в единый комплекс, который действует в качестве коммутатора трафика и интерфейса спутниковых сетей с наземными каналами. В сетях, таких как "Звезда", созданной крупными операторами, ресурс центра управления сетью может быть обеспечено несколькими автономными подсетям VSAT. Это решение является экономически эффективным, как

центр сетевых операций стоит несколько миллионов долларов, и может обслуживать до 10 тысяч и более терминалов, в то время как средний чистый для каждого клиента редко бывает более 100 терминалов.

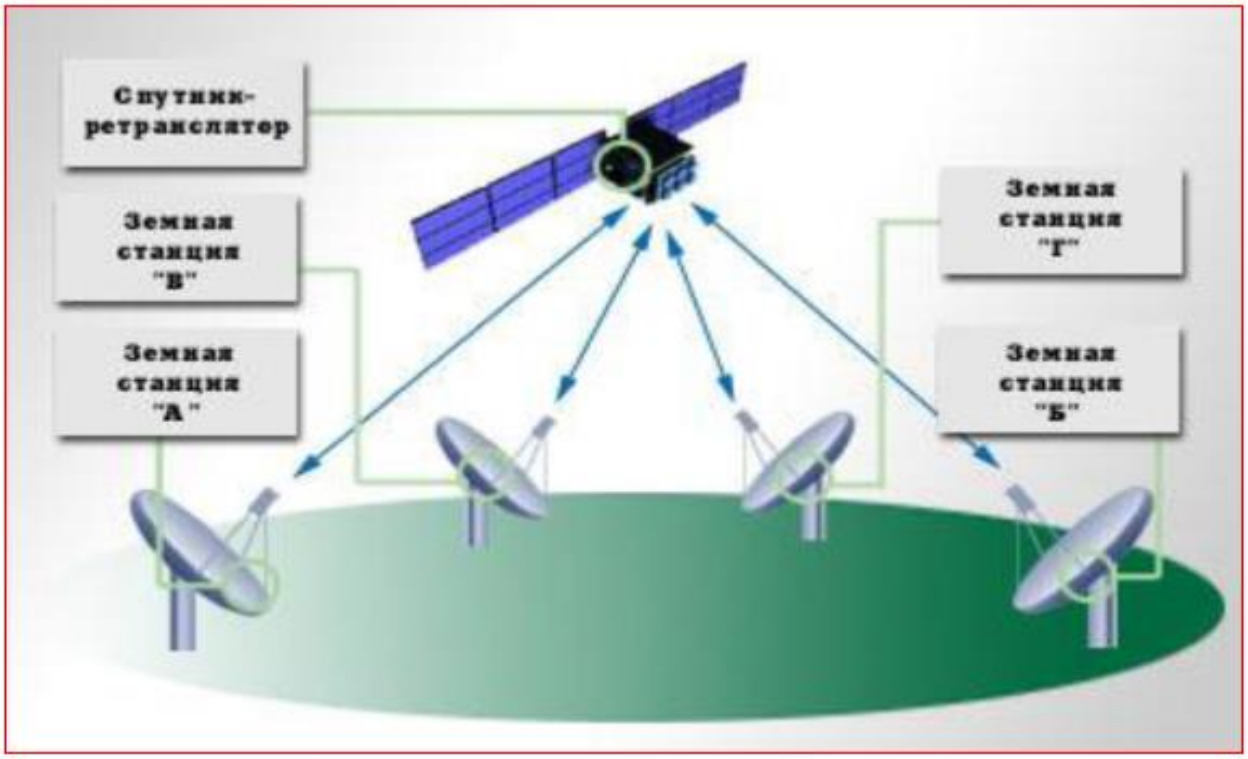

Рисунок 3.3 - Сеть типа "каждый с каждым"

Сеть "друг с другом" обеспечивает прямую связь между любыми VSAT станций, расположенных во всех точках контакта. Связь между любыми двумя станциями в такой сети устанавливается через спутник на "прыжок".

Схема является оптимальной для телефонных сетей, созданных в труднодоступных и отдаленных районах, и в течение относительно небольшого числа удаленных терминалов VSAT сетей передачи данных.

В связи с тем, что между двумя небольшими терминалами от VSAT требует больших энергетических ресурсов по сравнению с сетью "звездой" в сетях "каждый с каждым" на абонентские станции должны использовать более мощные передатчики и большего диаметра антенны, которая существенно влияет на их цену.

Каждая из этих топологий имеет свои преимущества и недостатки. В реальных жизненных ситуациях часто требуется предоставлять широкий спектр услуг, каждый из которых лучше всего реализуются в различных топологий. Таким образом, многие сети построены для смешанных топологий.

Платой за это преимущество заключается в расширении полосы пропускания, занятую радиосигнал необходимости переноса избытка четности. размер выигрыша зависит от кодовой скорости R, метод кодирования и алгоритма декодирования. Система svyaschikak спутника

обычно используют сверточные коды S <10 (типичное значение S = 7) и скорости кодирования R, выбираемых из числа 1/2, 2/3, 3/4 и 7/8.

Используется для алгоритма декодирования предложенного A.Viterbi. Таким образом CG достигает 6,5 дБ при R = 1/2 и частота ошибок на выходе декодера 10-6. Для больших значений и меньший коэффициент ошибок (в цифровых системах передачи ТВ) использовали каскадного кодирования.

Первый (внешний) код с использованием блочного кода (кода Рида-Соломона). Затем символы результирующих кодовых слов перемежаются (перестроенного в определенном порядке) и подают во второй (внутренний) кодер обычно свертке.

Декодированием осуществляется в обратном порядке: сначала внутренний код декодируется, декодированный сигнал кода затем подвергают обращенного перемежения (перестроенного в исходное положение), в результате чего пакеты ошибок "раскол" в одиночные ошибки (которые легче исправить), то внешний код декодируется. Количество CG в кодировании каскада достигает 8,9 дБ.

В последние годы все чаще используется новый класс кодов с исправлением ошибок - турбо. Формируется параллельный турбо каскадные двух или более систематических кодов. По мере того как компоненты, используемые в нем могут блокировать коды БЧХ, Рида-Соломона и сверточного даже работая в режиме блока. Использование турбо позволяет приблизиться к границе Шеннона.

3.3 Методы многостанционного доступа, применяемые в сетях VSAT

Множественный доступ в VSAT сетях, как правило, организуются на основе метода частотного разделения в фиксированном режиме, канал между станциями с интенсивным движением, или в способе работы с частотным разделением с предоставлением каналов по требованию для интерактивного трафика , Передача информации о режиме интерактивная сеть станция VSAT получает доступ к выделенной несущей в ретранслятором багажника на основе метода с временным разделением каналов, в том числе протокол Алоха со случайным типом доступа. В сетях для передачи входящего телефона из земных станций VSAT-центральных каналов организующих частот деление "один канал на несущую" (FDMA-ОКН) и экономически эффективной передачи со скоростью 16/24/32 кбит / с, предоставляемая телефонной сети абонентов за время соединения. Назначение частотных каналов на постоянной основе PAMA (Постоянно Назначение множественного доступа) целесообразно, когда сеть VSAT подключается абонентам 24 часа в сутки (длительный срок службы) и могут быть изменены в любое время с помощью динамического переназначения процедуры. Назначение частотных каналов по требованию DAMA (устанавливаемыми по требованию Multiple Access) целесообразно, когда TOMA сети функционирует как система коммутации или АТС, что позволяет институциональной периферический земной станции

для подключения к центральной земной станции. Есть два варианта подключения: полностью переменная подключения и переменная назначения.

Оба из них требуют DAMA исходящих и входящих пакетов ответа.

Иногда он может быть использован множественный доступ, мультиплексирование с кодовым разделением каналов, что позволяет наиболее эффективно решить проблему электромагнитной совместимости с наземными сетями VSAT и других спутниковых сетей, но уступает по множественным доступом и частотным разделением множественного доступа с временным разделением по эффективному использованию пропускной способности спутникового транспондера.

Рассмотрим организацию нескольких сетей доступа, таких как "Звезда". В сетях, таких как различие исходящего (центральная земная станция-периферийная земной станции) "Звезда" и входящей (периферийной земной станции - центральная земная станция) спутниковых каналов, которые формируются на основе кратных частот доступа Дивизион в VSAT выделенной сети диапазона спутника частоты соединительных линий транспондера.

VSAT сеть с большим количеством периферийных терминалов каждый исход щий канал центральной земной станции, как правило, соответствует числу (0,1,2, ..., N) входных каналов (N <32), используемый различными группами VSAT терминалов. Структура входящих и исходящих каналов в каждом конкретном случае определяется на основе требований к сети связи/

f, МГц

Рисунок 3.4 - Организация многостанционного доступа в сетях VSAT

Исходящий канал центральная земная станция - периферическая земная станция обычно организована в качестве канала на отдельном временном разделении несущей и упаковки передаваемой информации.

Скорость передачи данных в канале исходящего определяется от общего объема трафика от центра радиальной сети земных станций, обслуживаемых группой периферийных терминалов VSAT. типичная скорость передачи исходящих информационных каналов, работающих VSAT сетям 256 ... 2048 кбит / с, метод модуляции - двойная фазовая манипуляция (FM-2 или QPSK). Центральная земная станция передает информацию в исходящем канале в виде непрерывного сигнала с обычной структурой кадра, называемый кадр

(кадр) или на раме и состоит из временной последовательности информационных пакетов, повторив классическую структуру системы упаковки с ВР: 1) флаг начала пакета (преамбула), 2) заголовок пакета, 3) блок данных (полезная информация), 4) тестовая последовательность (коррекция ошибок), 5) флаг конца пакета (постамбула).

Границы кадра, обозначенном уникальное слово (UW) и информации блок обслуживания, которые используются для сетевых пакетов синхронизации кадров, передаваемых VSAT терминалов во входящем канале центральной VSAT земной станции, а также протоколы управления на VSAT терминалы S, R- Алоха.

Коллекция перешла к исходящему каналу центральной земной станции предназначен пакеты (адресованные) периферийных терминалов диапазона VSAT.

Граница кадра	**Преамбула**	**Заголовок пакета**	**Полезная информация**	**Проверочная последовательность**	**Постамбула**	**Граница кадра**

Рисунок 3.5 - Структура исходящего кадра от ЦЗС

Каждый терминал VSAT в соответствии с кодом поля адреса в заголовке пакетов принимает только пакеты, адресованные терминалу от переданной последовательности. Другие пакеты пропускаются (игнорируются). Есть три стандартных длительность кадра для VSAT сетей 10, 15 и 20 мс, а длительность кадра 10 или 20 мс для европейского стандарта CERT и E1 (2048 кбит / с), длительностью 15 мс - к американскому стандарту Северной DS1 поток T1 (1544 кбит / с).

Каждый ответ въездной CCD ступица передается отдельных несущих организованных частот доступа полосы разделением VSAT терминалов. При передаче пакетов данных со следующей структурой: 1) преамбулу; 2 заголовка), 3) информационный блок, 4) последовательность скрининга, 5) постамбула.

Пакеты VSAT станций расположены на разных временных интервалах в пределах общего периода времени. Типичные пакетированный скорость передачи данных входящих каналов 64/128 кбит / с Манипуляция - FM-2 / FM-4 (QPSK / BPSK). ПЗС-терминалы передают на "хорошо": 0 станция передает управляющую информацию пакета, затем на станцию 1, станция 2, а затем и т.д. Когда ПЗС дали управляющую информацию в последней информации кадр передается для тестирования оборудования для готовности к активно работать. Множество кадров одинаковой структуры, следующие один за другим образуют суперкадра. Между все кадры суперкадра защищают период, чтобы избежать дублирования пакетов. В конце каждого пакета есть "хвост"

из нескольких символов, чтобы сбросить (очистить). Точное число символов в "хвосте" зависит от скорости передачи кода (1/2, 3/4 или 7/8).

3.4 Определение зоны обслуживания космической станции с построением на карте местности

При расчетах зон обслуживания часто пользуются сферической системой координат с началом в точке размещения спутника (S), показанной на рисунке 3.6

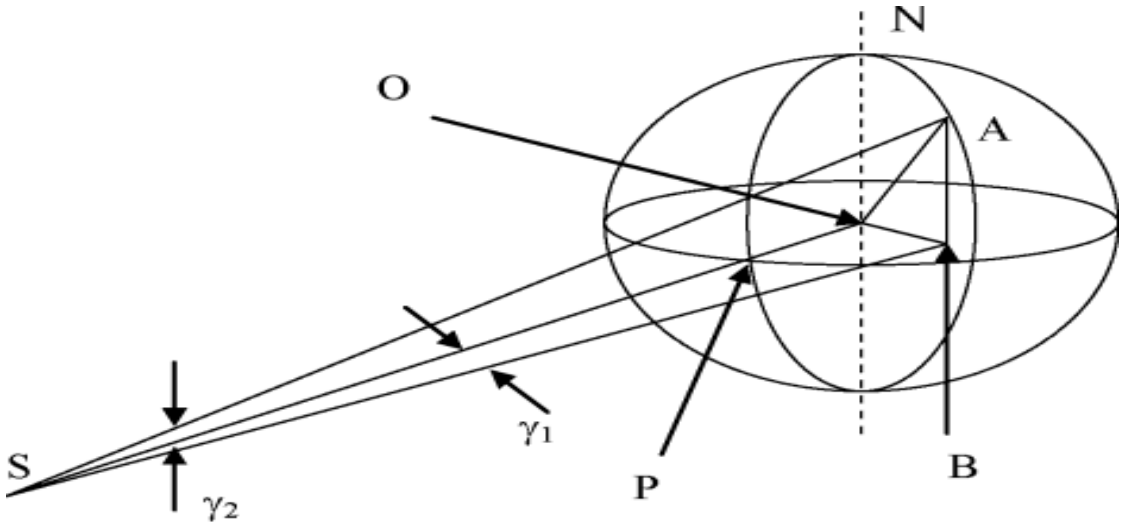

Рисунок 3.6 сферической системой координат с началом в точке размещения спутника

По географической карте Казахстана определим граничные точки зоны обслуживания.

северная точка: 55 град. с. ш.; 26 град. в. д.
южная точка: 40 град. с. ш.; 56 град. в. д.
западная точка: 46 град. с. ш.; 27 град. в. д.
восточная точка: 87 град. с. ш.; 20 град. в. д.

Спутник обслуживающий данную зону называется КазСат-2 , его долгота 86,5° в. д.

Для определения параметров луча космической станции (длины диаграммы направленности антенны) географические координаты крайних точек зоны обслуживания (точки 1, 2, 3, 4) следует пересчитать в углы γ_1 и γ_2 сферической системы координат (угловой спутниковой проекции).

Для точки (1) получим:

$r := 42164$

$R := 6378$

$\Phi zs := 55$

$\Lambda sz := 26$

$\Lambda sp := 86{,}5$

$$\Delta\Lambda := \Lambda sz - \Lambda sp \quad (3.1)$$

$$l := \sqrt{r^2 + R^2 \cdot \cos(\Phi zs)^2 - 2R \cdot r \cdot \cos(\Delta\Lambda) \cdot \cos(\Phi zs)} \quad (3.2)$$

$$\gamma 1 := \operatorname{asin}\left(R \cdot \cos(\Phi zs) \cdot \frac{\sin(\Delta\Lambda)}{l}\right) \cdot 57.32 \quad (3.3)$$

$$\gamma 2 := \operatorname{atan}\left(R \cdot \frac{\sin(\Phi zs)}{l}\right) \cdot 57.32 \quad (3.4)$$

$\gamma 1 = -1.374$

$\gamma 2 = -8.566$

Для точки (2):

$\gamma 1 = -2.726$

$\gamma 2 = -4.035$

Для точки (3):

$\gamma 1 = 2.779$

$\gamma 2 = 7.672$

Для точки (4):

$\gamma 1 = -3.116$

$\gamma 2 = -7.465$

Нанесём точки 1,2,3,4 на проекцию с координатами $\gamma 1$ и $\gamma 2$.

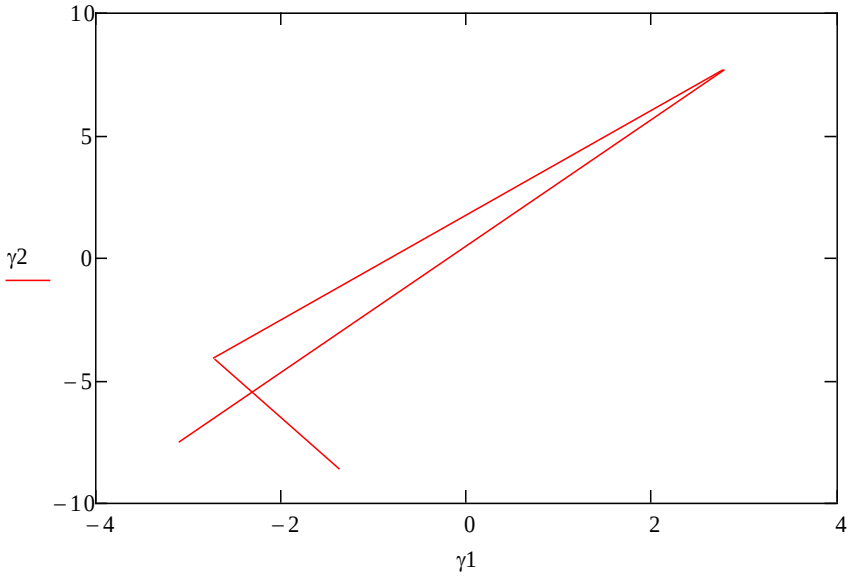

Рисунок 3.7 Зона обслуживания космической станции в спутниковой проекции

3.5 Определение ширины диаграммы направленности по половинной мощности и коэффициент усиления передающей антенны космической станции

Далее точки 1,2,3,4 наносят на проекцию с координатами y_1 и y2

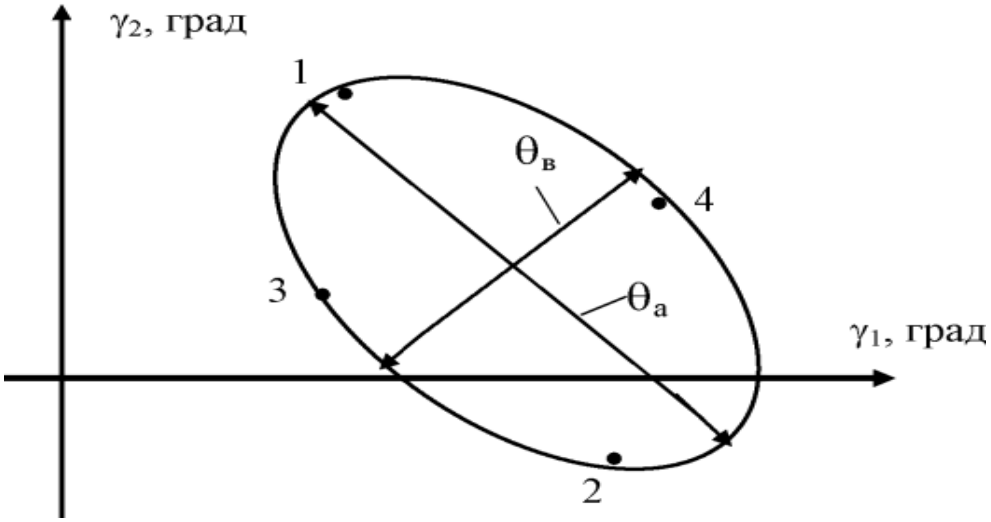

Рисунок 3.8 Диаграмма направленности антенны

Вокруг этих точек описывают эллипс возможно меньшего размера. Можно считать, что этот эллипс является границей 30 «видимой» со спутника, а его оси θ_a и θ_b , выраженные в градусах, численно равны ширине диаграммы направленности антенны космической станции по уровню половинной мощности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. θ_b и θ_a определяются графически из рисунка 3.8 и соответствуют диаграмме направленности антенны (θ_a x θ_b), необходимой для охвата заданной зоны обслуживания.

$$\theta a := 16$$
$$\theta b := 5$$
$$g := 45 - 10\cdot\log(\theta a) - 10\cdot\log(\theta b) \qquad (3.5)$$

Коэффициент усиления передающей антенны космической станции g = 26 дБ

3.6 Определение необходимой полосы частот и требуемого отношения несущая/шум

На передающем конце спутниковой линии связи (на передающей земной станции) и на приемном конце (на приемной земной станции) происходит преобразование скорости передачи цифрового сигнала , где обозначено:

$B_{цс}$ - скорость передачи одного информационного потока (задана в исходных данных);

$B_{вх}$ - скорость передачи входного потока;

$B_к$ - скорость передачи цифрового потока на выходе помехоустойчивого кодера с учетом скорости кодирования R (R задана в исходных данных);

$B_{сс}$ - скорость передачи сигналов служебной связи;

$B_{рк}$ - результирующая скорость передачи в радиоканале с модуляцией 4ФМ.

$B_{цс}$ = 256 000 бит/с - Скорость передачи одного информационного потока

Скорость передачи сигналов служебной связи $B_{сс} = 0$

Скорость передачи входного потока

$$B_{вх} = B_{цс} + B_{сс} \qquad (3.6.)$$

$B_{вх}$ = 256,000 бит/с

Скорость кодирования

R = 3/4

Скорость передачи цифрового потока на выходе помехоустойчивого кодера с учетом скорости кодирования

$$B_к = B_{вх} / R \qquad (3.7)$$

$B_k = 3.413 \cdot 10^5$ бит/с

Результирующая скорость передачи в радиоканале с фазовой модуляцией.

$$B_{рк} = B_k / (\log_2 M), \qquad (3.8)$$

где M = 4 в случае использования модуляции 4ФМ.

$B_{рк} = 1.7 \cdot 10^5$ бит/с

Ширина спектра модулированного радиосигнала

$$П_с = B_{рк} \cdot (1 + \alpha), \qquad (3.9)$$

где коэффициент скругления спектра $\alpha = 0.25$

$П_с = 2.1 \cdot 10^5$ Гц

$П_1 = 1.3 \cdot П_с = 2.8*10^5$ Гц

3.7 Определение отношения несущая/шум на входе приемной земной станции, требующееся для обеспечения коэффициента ошибок 10^{-7} и 10^{-3}

Значение Кош – 10^{-7} соответствует условиям отсутствия осадков («ясное небо») и является достоверным в период готовности более 10% любого месяца, а значение Кош – 10^{-3} соответствует условиям наличия осадков («ухудшение погоды») и является достоверным в период готовности в течение более 0,03% любого месяца.

Требуемое для обеспечения заданной достоверности $h_{доп}$ на входе демодулятора приемной земной станции определяется из таблицы в пособии по проектированию в зависимости от кодовой скорости R и требуемого коэффициента ошибок Кош на выходе декодера.

При проектировании следует иметь в виду, что на входе приемной ЗС помимо полезного сигнала и теплового шума могут присутствовать также мешающие сигналы от других систем связи и интермодуляционные шумы, возникающие в передатчиках космической связи и земной станции, работающих в многосигнальном режиме. В первом приближении эти дополнительные помехи могут быть учтены прибавкой запаса в 1...2 дБ.

$$ht := hdop + \Delta dop \tag{3.10}$$

$К_{ош} = 10^{-7}R = 0.75\ h_{доп} = 8.2$ дБ
$К_{ош} = 10^{-3}R = 0.75\ h_{доп} = 5.2$ дБ
$\Delta_{доп} = 1$ дБ

$$h_t = h_{доп} + \Delta_{доп} \tag{3.11}$$

Затем рассчитываются требуемые значения q_{ft} и q_t.

$$qft := ht + 10 \cdot \log(Bvx)$$

$$qt := qft - 10 \cdot \log(Pc) \tag{3.12}$$

Чтобы обеспечить заданное отношение q_{fr} в конце спутниковой линии связи, состоящей из двух участков : участок «вверх» (↑) и участок «вниз» (↓), на каждом оно должно обеспечиваться с запасом. На участке ↑ энергетический потенциал обеспечить легче, поэтому коэффициент энергетического запаса a на этом участке выбирают больше : a = 5-10 , а на участке коэффициент энергетического запаса b рассчитывают по формуле:

$$b := \frac{a}{a - 1} \tag{3.13}$$

и распределяют требуемое отношение q_{fr} по участкам:

$$qft_up := qft + 10 \cdot \log(a)$$

$$qft_down := qft + 10 \cdot \log(b) \qquad (3.14)$$

Сведем полученные данные в таблицу 3.1

Коэф. ошибок, Кош	ht, дБ	qt, дБ	qft, дБГц	qft↑, дБГц	qft↓, дБГц
10^{-3}	6,2	6.9	60.3	68.7	60,9
10^{-7}	9,2	9.9	63.3	71.7	63.9

$B_{вх}$ = 256 кбит/с ; R = 3/4 ; $\Delta_{доп}$ = 1 дБ ; a = 7 ; b = 1,17

3.8 Расчет максимально возможного количества несущих, передаваемых в одном стволе ретранслятора спутниковой системы связи.

P_{ctv} = 40*10^6 Гц- полоса ствола космической станции

P_1 = 2.8*10^5 Гц - полоса частот, требуемая для передачи одной несущей

$$n := \frac{Pctv}{P1} \qquad (3.15)$$

n = 144 - количество несущих в одном стволе

3.9 Определение мощности передатчика космической станции на одну несущую в многосигнальном режиме

- коэффициент использования выходной мощности ретранслятора в многосигнальном режиме

P_{pkc} = 100 Вт- выходная мощность передатчика в ствол

$$\Delta p := 2$$

$$P1kc := \frac{Ppkc}{n \cdot \Delta p} \qquad (3.16)$$

P_{1kc} = 0.35 Вт- мощность передатчика космической станции, отводимая одной несущей при многочастотном диапазоне с частотным разделением

3.10 Выбор подходящего ствола и передающей антенны, составление плана частот для выбранного ствола, выбор конфигурации сети

Частота вверх = 6 ГГц

Частота вниз = 4 ГГц
Количество несущих = 144
Полоса ствола космической станции = 40 МГц
Полоса частот, требуемая для передачи одной несущей = 280 кГц
Защитная полоса = 56 кГц

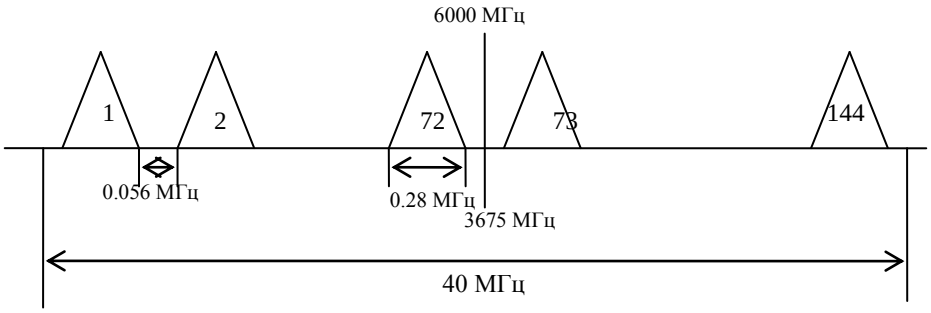

Рисунок 3.9. План частот 6 ствола спутника «КазСат-2» для 144 несущих

3.11 Определение количества земных станций, которое можно разместить на заданной территории

$npot := 6$ -количество потоков, передаваемых одной земной станцией

$$Nzc := \frac{n}{npot} \qquad (3.17)$$

n- количество несущих

$Nzc = 24$ -количество земных станций

Так как скорость передачи центральной станции = 256 кбит/с и количество земных станций= 24, то конфигурацией сети является «звезда».

4. Технико-экономическое обоснование системы бортового энергопитания геостационарного спутника

4.1 Цель и задачи проекта

Геостационарная орбита (ГСО) — это орбита имеющая форму элипса, и расположенная над экватором земли 0° широты, находясь на которой спутник вращается вокруг Земли с угловой скоростью, равной такой же угловой скорости Земли вокруг оси. В системе координат ни по высоте с направлением горизонта не по азимуту движение спутника не изменяется. Спутник находится над заданной территорией неподвижно. Следовательно антенна спутника, направленная однажды на такой спутник во время всего рабочего времени будет оставаться неизменной. Разновидностью геосинхронной орбиты является геостационарная орбита и там же используется для выведения искусственных спутников Земли, таких как телетрансляционных и коммуникационных.

Обращение спутника должно совпадать с направлением вращения Земли, на высоте 36.000 км над уровнем моря. Такая высота гарантирует спутнику период вращения, совпадающий с периодом вращения Земли.

В данном разделе показаны технико-экономическое пояснение разработок систем бортового энергопитания геостационарного спутника.

Данная часть проекта в себе несет:

- определение трудовых ресурсов, показанных в работе;
- анализ используемого оборудования в центре управления полетами;
- расчет экономической часть программного обеспечения;
- затраты на разработку и использования систем.

Разработка бортового питания геостационарной спутниковой системы можно увидеть работу энергосистемы спутника в режиме реального времени, выявить недочеты и плюсы. Использование данных расчетов существенно снизит затраты и повысит эффективность работы в целом.

4.2 Трудовые ресурсы, используемые в работе

В данной дипломной работе задействованы:

1. Разработчики;
2. Руководитель проекта;

Количество рабочих, задействованных в разработке бортового энергопитания геостационарного спутника, представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Данные о работниках, задействованные в проекте, и их заработная плата

Наименование	Количество	Заработная плата, тенге
Разработчик	3	150000

Руководитель проекта	1	90000

Продолжение таблицы 4.1

Итого	4	540000

4.3 Оборудование, используемое в работ

Оборудование, используемое при разработке, представлено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Перечень оборудования, необходимое для разработки

Наименование	Характеристики	Количество единиц	Цена за единицу, тенге	Общая сумма, тенге
Системный блок	Intel Core i7/4,4GHz/4Gb/1000Gb/Radeon HD 7770/1Gb	1	180000	180000
Монитор	Samsung 23EP75GGWP/23'/1920x1080/HDMIx2	1	75000	75000
Всего				255000

Цены на оборудование приведены без учета НДС.

4.4 Программное обеспечение, используемое в работе

Программное обеспечение, используемое в разработке, показано в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перечень программного обеспечения, используемого при разработке программного продукта

Программное обеспечение	Стоимость, тенге
MS Windows 8 Professional	63000
MATLAB Individual License	185000
Итого	248000

Цены на ПО приведены без учета НД

4.5 Сроки реализации проекта

Разработка и проектирование продукта бортового энергопитания геостационарного спутника включает в себя и определенно следующими этапами, которые показаны в таблице 4.4:

1-й этап – сбор заданной информации, разработка плана дипломной работы и постановка задач;

2-й этап – анализ принципа строения и автоматика систем энергопитания (разработка первой части проекта);

3-й этап – классификация, анализ геостационарных спутников (разработка второй части проекта);

4-й этап - разработка математического обеспечения;

5-й этап - тестирование системы;

6-й этап – оформление отчетов.

Таблица 4.4 – Этапы и сроки реализации проекта

Наименование этапа		Недели от начала работ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 этап	Постановка задачи										
	Изучаемая литература и подбор ее										
	Структура и разработка проекта										
2 этап	Средства автоматики системы энергопитания и анализ принципов построения										
3 этап	Классификация, анализ и характеристика геостационарных спутников										
4 этап	Разработка математического обеспечения										
5 этап	Описание теоритических этапов и разработка солнечных панелей для спутника										
	Расчет угла падения солнечных лучей на панели, а так же расчет воль-амперной характеристики										
	Тест системы										
6 этап	Сдача и проверка наработок										

4.6 Затраты на разработку системы

Производственные затраты а так же на разработку системы представляют расходы только один раз на абсолютно всех этапах процесса: разработка, опытная проверка, исследование. Производство и определение затрат на разработку системы проекта выполняется путем калькуляции себестоимости. В себестоимость относятся все затраты, включающие с ее выполнение, независимо от финансирования и источника финансов.

Вся стоимость разработки проекта определяется по формуле 4.1:

$$Сб = ФОТ+О_{сн}+А+Э+Н, \quad (4.1)$$

где $Сб$ – себестоимость;

$ФОТ$ – фонд оплаты труда;

$О_{сн}$ – отчисления на социальные нужды;

$А$ – амортизационные отчисления;

$Э$ – затраты на электроэнергию;

$Н$ – накладные расходы.

4.6.1 Расчет фонда оплаты труда

Фонд оплаты труда – (ФОТ) – это издержки суммарные предприятия на выплату всех работников труда за период заданный заранее, он складывается из дополнительной заработной платы и основной, а так же определяется по формуле 4.2:

$$ФОТ = З_{осн}+З_{доп} \quad (4.2)$$

где $З_{осн}$ –заработная плата основная;

$З_{доп}$ –заработная плата дополнительная.

На всех этапах разработки, задействованы участники разработки неравномерно, необходимо для этого рассчитать дневной заработок каждого работника. Затем размер общей заработной платы.

Средний дневной заработок работника рассчитывается по формуле 4.3:

$$D = \frac{ЗПм}{Др} \quad (4.3)$$

где $ЗП_м$ – ежемесячный размер заработной платы, тенге;

$Д_р$ – количество рабочих дней в месяце (22 дня, при пятидневной рабочей недели).

1. Разработчик: ; $D = \frac{150000}{22} = 6818$ тенге/день ;

2. Руководитель: $D = \frac{90000}{22} = 4090$ тенге/день ;

За один час работы заработная плата рассчитывается по формуле 4.4:

$$H = \frac{ЗПм}{Др \cdot Чр}, \quad (4.4)$$

где *ЗПм* – ежемесячный размер заработной платы, тенге;

Др – количество рабочих дней в месяце (22 дня, при пятидневной рабочей недели);

Чр – продолжительность рабочего дня, час (при 8-часовом рабочем дне).

1. Разработчик: $D = \frac{150000}{22 \cdot 8} = 852$ тенге/день ;

2. Руководитель: $D = \frac{90000}{22 \cdot 8} = 511$ тенге/день ;

Длительность цикла в днях по каждому виду работ определяется по формуле:

$$t_n = \frac{T}{q_n \cdot z \cdot K}, \quad (4.5)$$

где *T* – норма-час, трудоемкость этапа;

q_n – количество исполнителей по этапу;

z – продолжительность рабочего дня (z = 8 часов);

К – коэффициент выполнения норм времени, К = 1,1.

Полученную величину t_n округляем в большую сторону, до целых дней:

$t_1 = \frac{14}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – руководитель (постановка задач);

$t_2 = \frac{21}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – разработчик (подбор и изучение литературы);

$t_3 = \frac{21}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – руководитель (подбор и изучение литературы);

$t_4 = \frac{28}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 3$ – разработчик (разработка структуры проекта);

$t_5 = \frac{70}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 8$ – разработчик (анализ принципов построения и средств автоматики системы энергопитания);

$t_6 = \frac{28}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 3$ – разработчик (анализ, классификация и краткая характеристика геостационарного спутника);

$t_7 = \frac{21}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – разработчик (разработка математического обеспечения);

$t_8 = \frac{7}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 1$ – разработчик (техническое описание теоретических аспектов и сборки солнечных панелей);

$t_9 = \frac{70}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 8$ – разработчик (расчет вольт-амперной характеристики, влияния температуры и угла падения солнечных лучей на солнечные панели);

$t_{10} = \frac{21}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – разработчик (тестирование системы);

$t_{11} = \frac{14}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – разработчик (проверка и сдача отчета);

$t_{12} = \frac{14}{1 \cdot 8 \cdot 1.1} \approx 2$ – руководитель (проверка и сдача отчета).

Расчет затрат является результаты на основную заработную плату рабочих, которые участвовали в разработки системы бортового энергопитания геостационарных спутников, представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Результаты расчета затрат на основную заработную плату

Наименование работ	Исполнитель	Трудоемкость		Длительность цикла, днях	Заработная плата за час работы, тенге	Сумма заработной платы, тенге
		Нормо-час	% от общей трудоемкости			
1. Постановка задач	Руководитель	14	2,71	2	511	7154
2. Изучение литературы и подбор	Руководитель	21	4,07	2	511	10731
	Разработчик	21	6,79	2	852	17892
3. Структура проекта и разработка	Разработчик	28	9,05	3	852	23856
4. Средства автоматики системы энергопитания и анализ принципов построения	Разработчик	70	22,63	8	852	59640
5. Классификация, анализ и краткая характеристика геостационарного спутника	Разработчик	28	9,05	3	852	23856

Продолжение таблицы 4.5

6.Разработка обеспечения	Разработчик	21	6,79	2	852	17892
7. Теоритические аспекты сборки солнечных панелей и техническое описание	Разработчик	7	2,26	1	852	5964
8. Расчет угла падения солнечных лучей на панели и расчет вольтамперной характеристики	Разработчик	70	22,63	8	852	59640
9. Тест системы	Разработчик	21	6,79	2	852	17892
10. Проверка и сдача отчета	Разработчик	14	4,53	2	852	11928
	Руководители	14	2,71	2	511	7154
Итого		329	100	52		263599

Дополнительная заработная плата составляет 10% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле 4.6:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot 0,1 \qquad (4.6)$$

$З_{доп}$ =263599 · 0,1 = 26359,9 тенге

Таким образом, суммарный фонд оплаты труда составит:

ФОТ = 263599 + 26359,9 = 289958,9 тенге

4.6.2 Расчет затрат по социальному налогу

Социальный налог составляет 11% (ст. 358 п.1 НК РК) от дохода работника, и рассчитывается по формуле 4.7:

$$С_н = (ФОТ\text{-}ПО) \cdot 0,11 \qquad (4.7)$$

где ПО – пенсионные отчисления, которые составляют 10% от ФОТ и социальным налогом не облагаются.

$$ПО = ФОТ \cdot 0,1 \qquad (4.8)$$

ПО = 289958,9 · 0,1 = 28995,9 тенге

Размер отчислений на социальные нужды составит:

$C_н$ = (289958,9 -28995,9) · 0,11 = 28705,93 тенге

4.6.3 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле 4.9:

$$A_i = \frac{H_A \cdot C_{пер} \cdot N}{100 \cdot 12 \cdot n}, \quad (4.9)$$

где H_A - норма амортизации;
$C_{пер}$ - первоначальная стоимость оборудования;
N – количество дней на выполнение работ;
n – количество дней в рабочем месяце.

Норма амортизации H_A на компьютерную технику и на программное обеспечение составляет 40% от всей стоимости.

Амортизационные отчисления по используемому оборудованию и программному обеспечению составят:

$A_1 = \frac{40 \cdot 180000 \cdot 52}{100 \cdot 12 \cdot 22}$ = 14181,8 тенге;

$A_2 = \frac{40 \cdot 75000 \cdot 52}{100 \cdot 12 \cdot 22}$ = 5909,1 тенге;

$A_3 = \frac{40 \cdot 175000 \cdot 52}{100 \cdot 12 \cdot 22}$ = 4963,6 тенге;

$A_3 = \frac{40 \cdot 185000 \cdot 52}{100 \cdot 12 \cdot 22}$ = 14575,7 тенге.

А = 14181,8 +5909,1+4963,6+14575,7 = 39630,3 тенге.

4.6.4 Расчет затрат на электроэнергию

В процессе производства используется электрическое оборудование и поэтому необходимо рассчитывать затраты на электрическую энергию.

Затраты на электроэнергию для производственных нужд включает в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные нужды.

$$Э = З_{эл.оборуд} + З_{доп.нужды} \quad (4.10)$$

где $З_{эл.оборуд}$ – затраты на электроэнергию оборудования;
$З_{доп.нужды}$ - затраты электроэнергии на дополнительные нужды.

Расходы электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле 4.11:

$$З_{эл.оборуд} = W \cdot T \cdot S \cdot K_{исп} \quad (4.11)$$

где W - потребляемая мощность, Вт;

T – количество часов работы оборудования;

S - стоимость киловатт-часа электроэнергии (1кВтч = 16,02 тенге);

$K_{исп}$ - коэффициент использования ($K_{исп}$ = 0,9).

W = 90 Вт = 0,09 кВт (мощность ноутбука);
T = 52 · 5 = 260 часов;
S = 16,02 тенге.

Сумма затрат на электроэнергию основного оборудования составляет:
$З_{эл.оборуд}$ = 0,09 ·260 ·16,02 · 0,9 = 337,4 тенге.

Затраты на дополнительные нужды берутся по показателю в размере 5% от затрат на оборудование:

$$З_{доп.нужды} = 0{,}05 \cdot З_{эл.оборуд} \quad (4.12)$$

$З_{доп.нужды}$ = 0,05 · 337,4 = 16,8 тенге

Суммарные затраты на электроэнергию составят:

Э = 337,4+16,8 = 354,3 тенге.

4.6.5 Расчет накладных расходов

Накладные расходы составляют 50% от всех затрат и рассчитываются по формуле:

$$НР = (ФОТ + С_н + А + Э) \cdot 0{,}5 \quad (4.13)$$

Накладные расходы согласно формуле 4.13 составят:

НР = (289958,9+28705,93+39630,3+354,3) · 0,5 = 179324,72 тенге

Таким образом, в соответствии с формулой 5.1, суммарные затраты по разработке программного продукта составляют:

$С_б$ = 289958,9+28705,93+39630,3+354,3+179324,72 = 537974,2 тенге

Разработка системы бортового энергопитания геостационарного спутника и смета затрат представлена в таблице 4.6 и на рисунке 4.1.

Таблица 4.6 – Стоимость разработки системы бортового энергопитания геостационарного спутника

Наименование затрат	Сумма, тенге	Структура затрат, %
ФОТ	289958,9	53,9
Социальный налог	28705,93	5,34
Амортизационные отчисления	39630,3	7,37
Затраты на электроэнергию	354,3	0,07
Накладные расходы	179324,72	33,3
Итого	537974,2	100

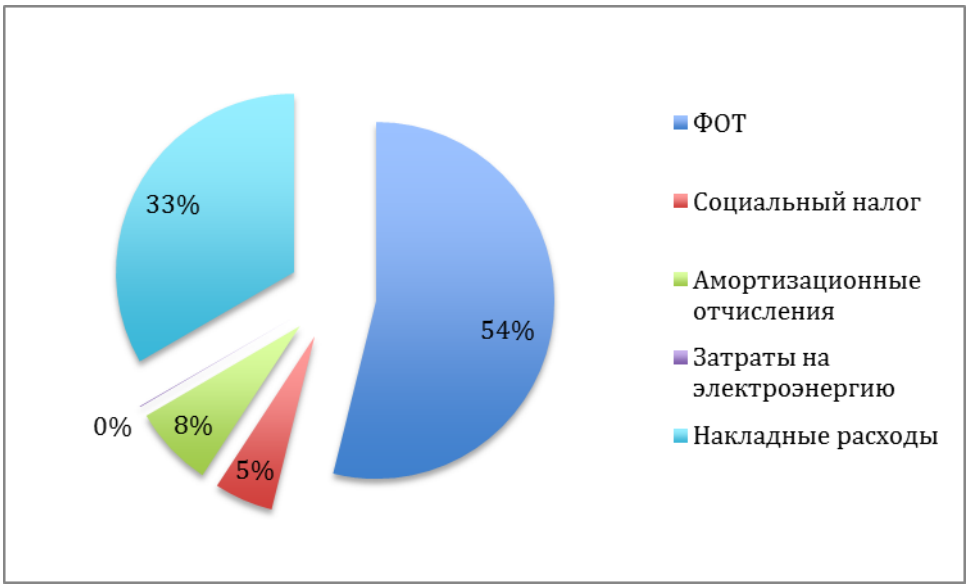

Рисунок 4.1 – Затраты и их структура по разработке системы бортового энергопитания геостационарного спутника

4.7 Цена реализации

Цена реализации продукта складывается из его стоимости и прибыли:

$$Ц = C_б + П \quad (4.14)$$

где $C_б$ – стоимость продукта;

$П$ – прибыль.

При определении первоначальной цены следует задать уровень рентабельности (20%) для реализации программного продукта:

$$Ц_П = C_б \cdot (1+P/100) \quad (4.15)$$

где Р – рентабельность.

$Ц_П$ = 537974,2· (1+0,2) = 645569 тенге.

Цена реализации готовой продукции рассчитывается по формуле:

$$Ц_Р = Ц_П + НДС \quad (4.16)$$

где НДС – налог на добавочную стоимость.

НДС рассчитывается по формуле:

$$НДС = Ц_П \cdot 0,12 \quad (4.17)$$

НДС = 645569 · 0,12 = 77468,3 тенге.
$Ц_Р$ = 645569 + 77468,3 = 723037,3 тенге.

Вывод. Бортовая система энергопитания геостационарного спутника была разработана для казахстанского космического агентства. В результате расчетов, выявлено разработка программного обеспечения и это составляет 537974,2 тенге.

Основной статьей расходов являются заработная плата работников. Которая составляет 53,9% от всех затрат. Накладные расходы на втором месте, которые составляют 33,3% от всех затрат. Цена реализации программного продукта – 723037,3 тенге.

Геостационарная орбита стала широко известна и выявлены были ее преимущества после опубликования популярных и научных статей Кларка Артура. Поэтому в Америке геостационарную орбиту еще называет Кларка орбита или Кларка пояс. Это можно отнести к области пространства на расстоянии 36.000 км. Над уровнем моря.

Первый спутник, выведенный на геостационарную орбиту, был Syncom - 3, запущенный NASA в августе 1964 года

К главным преимуществам сетей спутниковой связи можно отнести следующее:

- Благодаря работе спутников более высокая пропусная способность в широком диапазоне. Так же спутник имеет возможность поддерживать тысячи каналов связи;
- Расположение на очень больших расстояниях обеспечивает связь между станциями, а так же дает возможность обслуживания абонентов в очень трудных для связи точках;
- Передача информации осуществляется независимо от стоимости;
- возможность построения сети без физически реализованных коммутационных устройств.

Это обусловлено широковещательностью работы спутниковой связи.

Значительный экономический эффект связан с этим, он может быть получен по сравнению как правило не спутниковой сети. Это основано на коммутационных устройства и на многочисленных физических линиях.

Недостатки спутниковых сетей связи:

- Обеспечение конфиденциальной передачи данных, следовательно необходимость затрат времени и средств, а так же предотвращение возможности перехвата информации другими станциями;
- Из за больших расстояний между спутником и антенны есть наличие задержки приема радиосигнала наземной станцией. Это вызывает некоторые проблемы связанные с временем ответа, а так же реализацией канальных протоколов.
- Наземные станции работающие на соседних частотах, могут исказить радиосигнал;
- Атмосферные изменения влияют на подверженность сигналов на участках спутник-Земля и Земля-спутник.

Необходимо активное сотрудничество многих стран для разрешения проблем на частотных диапазоны 6/4 и 14/12 ГГц. А так же размещение спутников на орбите.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда работников ЦУП

ЦУП - важнейший объект в эксплуатации и управление различных космических аппаратов, с помощью которых налаживается прямая связь с околоземных космическими аппаратами в космическом пространстве.

На сегодняшний день, развитие околоземного пространства - это хорошо созданная и организована работа для поддержки полета летательных аппаратов

ЦУП обеспечивает практическое управление полётами космических аппаратов разных классов: пилотируемых орбитальных комплексов, космических кораблей, автоматических межпланетных станций и искусственных спутников Земли социально-экономического и научного назначения. Одновременно он ведёт научные и проектные исследования и разработку методов, алгоритмов и средств решения задач управления, баллистики и навигации, а также занимается экспертизой космических проектов по направлению своих работ. ЦУП располагает современными техническими средствами и новейшими технологиями обработки информации.

Управление и слежение за ограниченным числом КА одинакового или близкого целевого назначения ведется из центра управления полетами (ЦУП). Органы управления полетом располагаются в секторах управления ЦУП.

ЦУП занимает двухэтажное здание. Первый этаж (главный зал управления) занимает оперативная группа управления, следящая за работой бортовых систем станции. На втором этаже (оперативный зал управления) размещается оперативная группа управления, которая специализируется по транспортным кораблям, как пилотируемым, так и беспилотным.

Штат оперативной группы управления состоит из 68 человек. Из них:

-4 сменных руководителя полетом;

-8 главных операторов;

-48 специалиста группы управления;

-8 специалистов отвечающих за проведение научных экспериментов.

Работа оперативной группы управления круглосуточная (24 часа) и делится на 4 подсмены. Рабочий график составляется из расчета –сутки работы, потом три дня отдыха.

Рассмотрим помещение, в котором размещаются специалисты группы управления. Помещение, в котором размещаются специалисты группы управления, имеет следующие размеры: 12,50·8,0·3,0 м. Площадь помещения 100 м^2. Объем помещения 300 м^3. В помещении установлено 12 люминесцентных светильников ПВЛМ 2·40, состоящих из двух трубчатых люминесцентных ламп мощностью по 40 Вт. Также установлен один кондиционер с мощностью охлаждения 11,900 кВт.

Проектирование помещения должно осуществляться в соответствии со СНиП РК 3.02 - 04 - 2009.

Уровень естественного и искусственного освещения помещений зданий учреждений должен соответствовать требованиям СНИП РК 2.04 - 05 - 2002

Проектирование кондиционирования воздуха осуществляется в соответствии с ГОСТ 30494.

5.2 Рабочее помещение

Рассмотрим помещение, в котором размещаются специалисты группы управления.

Размеры помещения: длина помещения – 12,5 м, ширина – 8 м, высота – 3 м. Площадь помещения равна 100 м^2 (площадь на одно рабочее место пользователей ПК при любом положении должна составлять не менее 6 квадратных метров(МСН 3.02 - 03 - 2002))

Разряд зрительной работы – IVc наименьшим размером объекта различения от 1 до 10 мм (ГОСТ 12.1.028 - 80).

Таблица 4.1 – Нормы освещенности при естественном и искусственном освещении (выдержки из СНиП РК 2.04 - 05 - 2002 «Естественное и искусственное освещение. Общие требования»)

Таблица 5.1 Нормы освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Освещенность, лк	Источник света
Средней точности	от 1 до 10	IV	200	Люминесцентные светильники

Исходя из таблицы 5.1 , для искусственного освещения помещения нужно 12 люминесцентных светильников ПВЛМ 2·40, состоящих из двух трубчатых люминесцентных ламп мощностью по 40 Вт.

Световые проемы: 3 окна, каждое размером 1,70·1,50 м и площадью 2,55 м^2. Общая площадь световых проемов – 7,65 м^2.

Проверим, соответствует ли данная площадь нормам естественного освещения рабочего помещения.

Общую площадь окон определяем по формуле для бокового освещения:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_n \cdot \eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \quad , \qquad (5.1)$$

где S_n–площадь пола помещения, м2;

e_n–нормированное значение КЕО;

η_0–световая характеристика окон;

$K_{зд}$–коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями. $K_{зд}$ = 1, так как затеняющих зданий нет;

K–коэффициент запаса: $K_з$= 1,2;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию.

$$e_n = e_н \cdot m \cdot c\,, \qquad (5.2)$$

$e_н$ - значение КЕО для IV разряда зрительных работ, $e_н$= 1,5;

m–коэффициент светового климата, для г.Алматы, m=0,9;

с–коэффициент солнечности, с = 0,75.

$$e_N = 1.5 \cdot 0.9 \cdot 0.75 = 1.0125$$

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \quad , \qquad (5.3)$$

где τ_1-коэффициент светопропускания материала для стеклопакета, τ_1= 0,8;

τ_2-коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (переплеты деревянные: спаренные): τ_2 = 7,0;

τ_3-коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1;

τ_4-коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы(межстекольные внутренние, наружные)): τ_4=1

$$\tau_0 = 0.8 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.56$$

Определим r1—коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении.

Принимаем расстояние от верха окна до потолка hпов равным 0,8м. Тогда высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна:

$$h_{расп} = h_{ок} + h_{н.ок} + h_{пов} \qquad (5.4)$$

$$h = 3 + 1 - 0.8 = 3.2 м.$$

$$\frac{B}{h_1} = \frac{8}{3.2} = 2.5$$

$$\frac{l}{h1} = \frac{B/2}{h} = \frac{8/2}{3.2} = 1.25$$

$$\frac{l}{B} = \frac{8/2}{8} = 0.5$$

$$\frac{L}{l} = \frac{12.5}{8/2} = 3.125$$

$$\frac{\rho_{пот} + \rho_{ст} + \rho_{пол}}{3} = \frac{70 + 30 + 50}{3} = 50\%$$

$$r_1 = 1.25$$

Подставим все значения в расчетную формулу:

$$S_0 = \frac{100 \cdot 1.01255 \cdot 4.5 \cdot 1.2}{100 \cdot 0.56 \cdot 1.25} = 7.81$$

В комнате общая площадь световых проемов составляет 7,81 м^2. Отношение общей площади окон к площади помещения будет 1:12, что соответствует параметрам СНиП 31-01-2003 и нормам естественного освещения рабочего помещения.

5.3 Анализ оборудования

Оборудование, используемое операторами-управленцами-представлено в таблице 5.2 .

Таблица 5.2 - Спецификация оборудования

Оборудование	Технические характеристики
1. ЖК – видеостена Barco OverView NSL – 5521	*диагональ деятельного экрана*: 55 дюймов (1396 мм); *габариты*: 1215,3 x 686,1 x 98,2 мм; *входное напряжение питания:* 100 – 220 В переменного тока, 60-50 Гц; *энергопотребление:* 300 Вт (макс.), 130 Вт (номинал), 20 Вт (в спящем режиме), 2,5 Вт (в режиме ожидания); *тепловыделение:* 1-23 БТЕ/ч.
2. Мультимедиа проектор Panasonic PT-DS100XE	*питание*: 200 – 220 В переменного тока, 50-60 Гц; *энергопотребление*: 960 Вт (0,3 Вт в режиме STANDBY ECO, 8 Вт в режиме STANDBY NORMAL); *уровень шума*: 43 дБ.
3. Компьютер Meijin Intel Core i7 Extreme 4960X X79 64G 1.2T SSD 4T 3x NVIDIA GTX Titan Black 3Way SLI Xonar Blu-ray	*энергопотребление*: 1200 Вт; *уровень шума:* 20 дБ.
4. Кондиционер Uniflair SDA/SUA 0351	*мощность охлаждения*: 11.900 кВт; *напряжение:* 220/1/50 В-Ф-Гц; *расход воздуха*: 3020 м^3/ч; *рассчитан на помещение*: до 108 м^2; *доп. функции:* фильтр PLASMA, режим форсированного охлаждения JET COOL, антиаллергенный фильтр. *Макс.поддерживаемая температура*: от 24 до 43°С; *Мин. поддерживаемая температура*: от 15 до 19 °С

5.4 Безопасность связи и защита станций спутниковой связи

Безопасная связь характеризуется ее способностью сохранять в тайне от содержания передаваемого противника (полученные) сообщения и сопротивление ввода ложной информации.

Безопасное общение является одним из наиболее важных компонентов общей системы мер по сохранению государственных и военных секретов.

Необходимость обеспечения безопасности связи в линиях и сетях спутниковой связи обусловлена: важностью и секретностью передаваемых и принимаемых в сети сообщений. Конфиденциальностью средств космической связи и передаваемой по ним сообщений для иностранной технической разведки. Возможностью обнаружения системы управления высших звеньев управления; информационным убытком системы управления войсками и оружием. Наличием секретных документов на всех элементах системы космической связи, включая так же станции спутниковой связи.

Состав, эксплуатируемого оборудования спутниковой связи, должен строго вести и соблюдать правила использования средств.

Персонал несет ответственность за безопасность связи, а так же к их обязанностям относятся предотвращение утечки информации и не разглашение секретных сведений.

Различают следующие виды нарушений безопасности:

I категория – это нарушение использования средств технической связи, ведя за собой разглашение и создание реальной возможности утечки секретной информации;

II категория – это нарушение, как следствие создание утечки секретной информации;

III категория – это нарушение сводов норм связи и осуществление радиообмена, а так же норм эксплуатации средств связи и других различных требований, повторение которых приводит к утечке информации служебного сегмента..

На направлениях и в сетях КС наиболее характерными являются следующие нарушения:

I категории - использование служебных кодовых сообщений, с применением переговорной таблицы спутниковой связи (ПТКС-85) для трансляции сообщений, включающих секретные сведения;

II категории - трансляция по открытым служебным каналам связи телефонно-телеграфных позывных периферий связи, незакодированных обозначений корреспондентов и должностных лиц; произведение станций спутниковой связи на испускание в период радиомолчания, а также без смены радиоданных при передвижении ПУ(УС); переговоры частного характера по скрытым космическим каналам связи, не хранящие секретных сведений, независимо от того, ведутся они скрытно или с применением ПТКС-85; работа с применением незарегистрированных радиоданных или на частотах, запрещенных к использованию; установление двухсторонней радиосвязи в

радиосети или радионаправлении, где по условиям режима разрешается только односторонняя радиосвязь; открытая трансляция ключей к ПТКС-85; установление связи с посторонними станциями; повторное использование одних к тех же паролей и адресных групп;

III категории - отклонение от требований правил вступления в связь и ведение радиообмена, определёнными наставлениями, руководством и инструкциями;

увеличение требований основной станции по вопросам обеспечении установленного порядка режима работы;

трансляция времени очередного сеанса связи; нарушение установленного порядка использования переговорных таблиц; применение открытого текста, вместо служебных знаков или кодовых сокращений при 1 ведении переговоров по вопросам установления связи и радиообмена;

синхронная работа станций старыми и новыми видами позывными; неуместные ответы более 5 минут на вызовы корреспондента; невыполнение нормативов по установлению связи; работа искаженными позывными.

При выявлении нарушения безопасности связи, виноватые в этом лица могут быть подвергнуты наказанию разнообразной степени строгости. Так, при выявлении нарушении дисциплины связи 1 категории по материалам административного расследования виноватые в этом лица могут быть строго наказаны в административном порядке либо материал передан в суд. За нарушение 2-й и 3-й категории, виновных как следствие ждет административно наказание. При этом надлежит отметить, что ни одного нарушения безопасности связи не может быть оставлено без наказания.

Основными действиями по обеспечению безопасности спутниковой связи являются:

Выявление и предотвращение несанкционированного включения станции а так же ведение трансляции по линиями спутниковой связи. Введение в рабочее положение и ведение сессии по линями связи воспроизводиться только с соглашения начальник станции либо дежурного помощника;

- служебная трансляция по каналам локальной связи осуществляется только с использование разговорной таблицы связи;

- категорически запрещается осуществление связи по локальным каналам связи, сведений запрещенного характера;

- служебный режим секретности при анализе и хранении информации, а так же служебных документов на сетях космической связи;

- организация пояснительных мероприятий и встречи с личным составом, а так же принятие зачетов по следующему порядку ведения радио-сессии и соблюдение правил секретного ведения управления восйсками.

5.4.1 Защита станции спутниковой связи от комплексного воздействия противника

Оборудование спутниковой связи, как таковой являясь радиотехническим оборудованием, имеет способность излучать, а так же отражать электромагнитные волны разного диапазоны частоты от оптического до радио частот. Это дает возможность врагу, проведения различных видов технической разведки. Создание помех в радиосвязи и как следствие поражение огнем. Для обеспечения лучшего и рационального функционирования спутниковой связи в линиях связи обмена информацией, это должно быть отлично сохранено и защищено от технических средств радиоразведки противника, а так же подавление радио сигналов, поражение оружием возможной дистанции и различных других видов поражения врага. Тем временем должны быть выполнены условия совместимости электромагнитной с различными радио и электронными средствами.

5.4.2 Защита станции спутниковой связи от радиоразведки противника

Защита радио станции космической связи характеризует способность ее противостоять различным вариациям радиоразведки противника.

Это выполняется:

- установление определенного порядка, а так же способов ведения и использования станций связи со спутником, путем установление норм пространственных, временных, энергетических ограничений на излучающие средства;

-поддержка непоколебимого каждодневного режима работы средств космической связи в местах постоянной локации, а так же при выходе из нее в период угрозы. Это обеспечивает регулирование оперативного обмена маскирующих средств безопасности. С принятием маскирующих средств связи;

- объединением кабельных и радиорелейных линий между полевыми и стационарными станциями спутниковой связи;

- своевременность выявления и устранение ремаскирующих признаков станций спутниковой связи и привязной линии в процессе их работы , технического обслуживания и ремонта;

- введение мер, уменьшающих выявление индивидуальных ремаскерирующих выявлений средств связи;

- созданием "радиозанавес";

- ограничением числа и длительности служебных переговоров по линиям спутниковой связи, а также круга лиц, допущенных к работе по радиоканалам;

- сменой позывных для аппаратуры служебной связи "Контур-П и ключей для аппаратуры помехозащиты К1-М.

5.4.3 Защита экипажей и аппаратуры станций спутниковой связи от радиационного, биологического и химического оружия

Для снабжения защиты станции космической связи и ее персонала от радиационного, биологического и химического оружия необходимо руководствоваться наставлением по защите сил и средств связи от радиационного, биологического и химического оружия, пользоваться индивидуальными и общими средствами защиты объекта, табельными средствами подразделений защиты.

Для замера уровня гамма-радиации и радиоактивной зараженности используют прибор ДП-5А.

Для информирования о применении противником радиационного, биологического и химического оружия необходимо воспользоваться радиостанции и переговорными устройствами связи, с помощью которых, начальник расчета дежурного принимает и ведет передачу установленных радиосигналов, а также информирует персонал станции о дальнейших действиях.

При сигнале о применении химического, биологического и радиационного оружия необходимо закрыть: зашторить или закрыть окна кузова автомобиля; отверстия для выхода и входа отопления внутри кузова; включить на полную мощность фильтр вентиляционную установку аппаратной.

Для включения фильтр вентиляционной установки необходимо:

- включить питание ФВУ;
- открыть крышку фильтра;
- включить тумблер на щите контроля ФВУ;
- открыть заглушку через 40-70 секунд после начала работы электрического вентилятора;
- по шкалам проверить тягонапорометр, базирующийся на щите контроля, величину подпора воздуха и производительность установки;
- подпор воздуха при необходимости отрегулировать;

Если в случае устанавливать необходимую величину кислорода (25 кГс/м^2) не предоставляется возможным, то персоналу необходимо вооружиться персональными средствами защиты. Преодоление участков местности, пораженных радиационного, биологического и химического оружия, надлежит производиться на увеличенной скорости движения.

Специальная обработка станции спутниковой связи может воспроизводится по указанию начальника станции.

С применением штатного дегазационного комплекта ДК-4 может производится частичная обработка станции спутниковой связи и это выполняется средствами противохимической защиты.

При частичной дезактивации, дегазации и дезинфекции обрабатываются только те части и агрегаты станции, которые придется касаться руками при

эксплуатации ветровые стекла снаружи, двери кузова и кабины, горловины и крышки бензобаков, ступицы передних колес, люки кузова.

При острой необходимости может производится специальная обработка внутренней поверхности кабины, кузова автомобиля, а так же узлов управления станции и автомобиля.

По завершению работ по частичной обработке станции производится так же частичная санитарная обработка персонала, а также дезактивация и дезинфекция личного оружия.

Санитарная обработка личного состава, дезактивация, дегазация и дезинфекция техники и оружия производят в районах затяжных остановок или отдыха с применением табельных средств подразделений радиационной, биологической и химической защиты.

При развертывании станции спутниковой связи используются естественные защитные особенности местности и оборудуются укрытия котлованного типа. Вводные кабели укладываются в ровики. Для членов экипажа оборудуются блиндажи и убежища.

При дежурстве, дежурная смена обязана соблюдать мера безопансоти:

- одеть индивидуальные средства защиты перед каждым открытием люка, дверей, окон;
- включить фильтра-вентиляционную установку на полную мощность;
- по окончанию дежурства и закрытия дверей, еще 20-30 минут работы фильтра-вентиляционной установки не снимать с себя средства индивидуальной защиты;
- Пищу для дежурной смены, доставляют в герметичных специальных термосах. Перед приемом пищи, начальник экипажа обязан проверить герметизацию термосов, а так же проверить отсутствие радиационного загрязнения;

5.4.4 Маскировка станций спутниковой связи

Станция спутниковой связи маскируется с целью увеличения ее разведывательной защищенности при использовании противником комплексных технических средств разведки.

При защите станций от средств разведки оптического направления, применяются различные комплекты маскировки, дымовые средства и маски:

1. Комплект маскировочный летний тканевый предназначен для сокрытия на растительной местности и грунтов от спутниковой, наземной, оптической и воздушной разведки противника. Размеры комплекта составляют 18·12 м. Расчет времени установки в количестве 4 членов экипажа составляет 8-10 минут.

2. Комплект маскировочный транспортный тканевый, используется для станции базирующиеся на растительной местности от средств наземной, воздушной, спутниковой разведки противника. Комплект имеет размеры 3·3

м. И время на установку у экипажа в составе 4-человек должно занимать не более 8 минут.

3. Комплект маскировочный зимний тканевый используется для станций на заснеженных фонах от спутниковой, наземной, воздушной, а так же оптической разведки врага. Комплект имеет размеры 18·12 м. Время на установку данного комплекта в составе 4 человек экипажа составляет 12 минут.

4. Комплект маскировочный синтетический используется для станции на растительной местности и летних фонах. Фоны осеней и выгоревшей местности а так же на фонах открытых грунтов. Комплект используется для безопасности наземной, воздушной, а так же разведки оптического характера. Комплект имеет размеры 18·12 м. И установленное время на сборку данного комплекта в составе 4-х членов экипажа составляет так же 12 минут.

5. Комплект маскировочный тканевый пустынный используется для станции на пустынно-степных и песчано-пустынных фонах и предназначен для защиты от воздушной, спутниковой, наземной разведки врага. Его размеры составляют 18·12 м. Установленное время для установки данного комплекта в составе 4- человек составляет 12 минут.

Установка маскировочного комплекта ведется таким образом, чтобы он не прилегал к контурам станции и осуществлял безопасность ее как с боку так и сверху.

Для безопасности станции спутниковой связи от разведки оптического характера используются шишки типа ДМХ-5 и ДМ-Т. Дымообразование составляет 20-15 минут, длина завесы 70-50 меторв.

Кроме того, в роли защиты станции от разведки радиолокации врага используют:

- радиорасееивающие материалы "Тень-2";
- радиопоглощающие покрытия "Ворс";
- *радиорасееивающие* покрытия "Заросль";
- *складки местности* и предметы;
- *металлический уголковый отражатель* , для подражания одной станции используется 2 комплекта безопасности, которые устанавливаются на расстоянии до 70 м от нее.

Для безопасности станции *от разведки инфракрасного направления* используются:

- прорезиненные брезенты и маскировочные тенты;
- экраны теплоизолирующие из листового аллюминиия;
- покрытия типа поглощающего тепла из ткани на основе асбеста, строительной смеси и стекловаты;
- полиэтиленовая пленка;
- козырьки .

Приемами защиты космической связи от поражения средств противника с головками инфракрасного самонаведения являются:

- снижение теплового излучения станции, путем использования тепло отражающих, теплопоглощающих покрытий и теплоэкранов;

- создание ложных тепловых целей, 2-3 комплекта которых устанавливаются на удалении 25-30 метров от станции в углублении до 40 сантиметров и маскируются масксетыо.

Ложная неподвижная тепловая цель основана на 4-х имитаторов тепла типа КФП-1-180. Они устанавливаются под тканью переизлучателя и имеют номинальный размер $0.4 \cdot 1.5$ м. Непрерывная работа которой составляет 48 часов. В роли топлива используется бензин неэтилированный, и тепература излучения переизлучателя составляет до 350 °С.

Вывод. Безопасная связь включает в себя безопасность закрытой линии связи, безопасность работы средств линии связи, радиопередач, и электрооборудования. Это обеспечивает физическую безопасность линии материалов и оборудования электроники, а так же обеспечивает физическую безопасность закрытой связи. Закрытая связь в свою очередь обеспечивается безопасностью самой связи, это является результатом наличия технических криптосистем и их рационального использования. Компонент гарантии безопасной связи – это безопасность радиопередач. Это является результат всех мер защиты, направленный на безопасность связи. Все вышеперечисленные компоненты по безопасности спутниковой связи были выполнены в соответствии с УЗиБСС-05.

Заключение

В дипломной работе было разработано бортовое энергообеспечение летательных аппаратов, а так же проектирование цифровых систем спутниковой связи. Данные расчеты позволяют определить в реальных условиях Казахстана, определение зоны обслуживания спутниковой антенны на базе терминала VSAT, определение ширины диаграммы направленности по половинной мощности и коэффициент усиления передающей антенны космической станции, определение количества земных станций, которое можно разместить на заданной территории.

– В данной дипломной работе были разработаны и проанализированы:
– Проанализировать структура системы электроснабжения спутника связи;
– Определить классификацию первичных датчиков;
– Провести анализ структурной схемы преобразователя КА;
– Раскрыть основные составляющие энергопитания геостационарного спутника;
– Спроектировать цифровую систему спутниковой связи на базе VSAT терминалов для Республики Казахстан, где слабо развита инфраструктура связи;

Список литературы

1. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета: Учеб. пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 448 с.
2. Зеленцов В.В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли: учебное пособие / В.В.Зеленцов, В.П.Казаковцев.- М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э.Баумана. – 2012. – 174 с.
3. Основы теории полета космических аппаратов /под ред. Г.С. Нариманова и М.К. Тихонравова. – М.: Машиностроение, 1972. – 608 с.
4. Тарасов Е.В. Космонавтика (Механика полета и баллистическое проектирование КЛА). –М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
5. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
6. Гущин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.: ил.
7. Бортовые системы управления космическими аппаратами: Учебное пособие/ БровкинА.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Под ред. А.С. Сырова – М. Изд-во МАИ ПРИНТ, 2010. – 304 с.: ил.
8. Проектирование исполнительных органов систем управления движением космических летательных аппаратов: учебное пособие / В.В.Зеленцов и др.; Под ред. Б.Б.Петрикевича. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э.Баумана, 2012. – 115 с.
9. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.: ил.
10. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005.- 512 с.
11. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов. - М.: Машиностроение, 1990. – 480 с.: ил.
12. Эльясберг П.Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1965. – 540 с.
13. Балк М.Б. Элементы динамики космического полета. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
14. Гущин В.Н., Панкратов Б.М., Родионов А.Д. Основы устройства и конструирования космических аппаратов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1992. – 256 с.
15. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета. – М.: Наука, 1979. – 496 с.
16. Штернфельд А.А. Введение в космонавтику. – М.: Наука, 1974. – 240 с.