МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра „Телекоммуникационных систем"

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ТКС
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
(подпись) «____» ____ 2014г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: „Проектирование спутника учебного назначения"

Специальность 5В074600 „Космическая техника и технологии"

Выполнил (а) Жаксылыкова А.А КСС-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Корин И.Д
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бабич А.А старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «____» ____ 20__ г.

по безопасности жизнедеятельности:
Дюсебаев М.К д.т.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «02» июня 2014 г.

по применению вычислительной техники:
Артюхин А.В старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «09» июня 2014 г.

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

Нормоконтролер: Кондратович А.П ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «03» 06 2014г.

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

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Теплоэнергетический
Специальность Космическая техника и технологии
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Жаксылыкова Ардак Алмантаевна
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта „Проектирование спутника учебного назначения"

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.

Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Спутник Cubesat, Транзистор VT1, VT2 - КТ930А
Рабочая частота f = 14 ГГц; напряжение отсечки $E_{б} = 0,7$
сопротивление базы $r_{б} = 10$ Ом, сопротивление $R_{э} = 0,5$ Ом

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

В дипломном проекте обосновывается общие принципы учебного спутника назначение спутника; корпус и компоновка; система управления ориентацией и стабилизацией; гироскопические датчики

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Дипольная антенна
Диаграмма направленности дипольной антенны
Предлагаемое расположение антенны
Статическая структура основных объектов микроспутника
Статическая структура объекта „Система управления движением микроспутника"
Обобщенная схема системы ориентации микроспутника
Система ориентации и стабилизации
Предварительная структурная схема системы ориентации микроспутника
3D модель микроспутника
Последовательность отделения основной полезной нагрузки, P-POD и Cubesat.
Пирамида радиоэлектронной аппаратуры

Рекомендуемая основная литература

Йордан Э., Аргила К. Структурные модели в объектно-ориентированном анализе и проектировании
Ракишева З.Б, Алибаев К.А., Сухенко А.С. Анализ этапов разработки наноспутника.
Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа
Андрилов Н.А. Тенденции развития космической техники на современном этапе
Алибаев К.А., Елубаев С.А., Джамалов Н.К., Болеев Т.М., Модель датчика горизонта земли.
Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономич. часть	Бабич Н.А.		
БЖД	Джосбаев М.Ж.	17.03 – 06.06.14	
	Корин И.Д.		
Вып. техника	Артюхин А.В.	12.05 – 9.06.14	

подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ проектирования спутника cubesat	20.03 - 30.03	
2	Запуск спутника	05.04 - 15.04	
3.	Основные расчеты	16.04 - 25.04	
4	Безопасность жизнедеятельности	20.05 - 30.05	
4.1	Анализ условий труда		
4.2	Анализ естественного освещения		
5	Подготовка раздела экономика	30.05 - 05.06	
5.1	Цели и задачи дипломного проекта	30.05 - 05.06	
5.2	Необходимость создания спутника		

Дата выдачи задания «20» март 2014 г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Кодин И.Ф.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Хаматнева А.А
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Дипломдық жоба оқыту мақсатына арналған спутникті жобалауға арналған. Жұмыс құрылымында кіріспе, бес бөлім, қорытынды және әдебиет тізімі көрсетілген.

Дипломдық жобада 12 кесте, 34 сурет және 25 әдебиет көзі қолданылған. Дипломдық жобаның жалпы көлемі 81 бет.

Аннотация

Дипломный проект посвящен проектированию спутника учебного назначения.

Структура работы представлена введением, четырьмя разделами, заключением, списком литературы и приложениями.

В дипломной работе использовано 12 таблиц, 34 рисунка и 25 источников литературы. Общий объем дипломной работы составляет 81 страниц.

Abstract

Diploma project focuses on the satellitet of educational appointment . Diploma’s structure consist of introduction, four chapters, conclusion and bibliography.

In the research paper used 12 tables, 34 figures and 25 literature sources. The total volume of the diploma is 81 pages

Содержание

Введение
1 Анализ проектирования спутника Cubesat 9
1.1 Назначение спутника Cubesat 10
1.2 Корпус и компоновка 11
1.3 Система управления ориентацией и стабилизации 17
1.4 Гироскопические датчики 24
1.5 Модель солнечного датчика 28
1.6 Модель магнитного датчика 29
1.7 Модель маховика 30
1.8 Солнечные панели 31
2 Запуск спутника 32
2.1 Корпус и механизмы 32
2.2 Среды влияющие на спутник 33
2.3 Режимы работы 34
2.4 Запуск и выведение 37
2.5 Полезный груз 39
3 Основные расчеты 43
3.1 Общие сведения о радиопередающих устройствах 43
3.2 Расчет передатчика 44
3.2.1 Расчёт коллекторной цепи генератора 46
3.2.2 Расчет цепи базы 46
3.2.3 Входные и выходные согласующие электрические цепи 47
3.2.4 Расчёт входной согласующей цепи 47
3.2.5 Расчёт выходной согласующей цепи 48
3.3 Расчёт входной согласующей цепи 48
3.4. Расчет предоконечного выходного каскада 49
3.5 Расчет согласующей П-цепочки 50
3.6 Расчет генератора, управляемого напряжением 51
3.6.1 Расчет граничных частот 52
3.6.2 Расчет электрического режима 52
3.6.3 Расчет резонатора 53
3.6.4 Расчет цепи связи 53
3.6.5 Расчет цепи питания 54
3.6.6 Определение параметров варикапа Гунна 54
3.6.7 Расчет буферного каскада 55
4. Безопасность жизнедеятельности 57
4.1 Анализ условий труда 57
4.2 Микроклимат 58
4.2 Анализ освещения лаборатории 59
4.2.1 Анализ естественного освещения 59

4.2.2. Анализ искусственного освещения методом коэффициента светового потока *62*
4.2.3. Анализ искусственного освещения точечным методом 62
4.3 Расчет системы кондиционирования помещения оператора *65*
5.Технико-экономическое обоснование 68
5.1 Цели и задачи дипломного проекта 68
5.2 Необходимость создания спутника 68
5.3 Компания и отрасль 69
5.4 Организационный план *69*
5.5 Расчет капитальных затрат *70*
5.6 Затраты на разработку системы *71*
5.7 Расчет фонда оплаты труда 71
5.8 Расчет затрат по социальному налогу 72
5.9 Расчет амортизационных отчислений 73
5.10 Расчет затрат на электроэнергию 74
5.11 Расчет накладных расходов 75
5.12 Калькуляция сметной стоимости 75
5.13 Цена миниспутника 76
Вывод по разделу 76
Заключение 77
Список литературы 78
Приложение А 80
Приложение Б 81

Введение

В дипломном проекте обосновывается общие принципы учебного спутника. Учебные спутники уже прочно вошли в практику космических экспериментов и исследований. Одно из направлений, где они уверенно демонстрируют свои преимущества, это технологические эксперименты по тестированию миниатюрной элементной базы и отработке новых технологических решений. Другое направление – использование малогабаритных спутников в образовательном процессе.

Актуальность темы. В настоящее время спутники учебного назначения широко используются студентами зарубежных вузов для исследований и подготовки специалистов специальности космическая техника и технологии. В связи с открытием данной специальности в Казахстане необходимо внедрять новые технические разработки в учебный процесс. Из всего многообразия возможных разработок можно выделить спутник учебного назначения.

Смотря на текущее состояние рынка космических технологий, можно выделить тенденцию, которая идет на развитие малых и очень малых спутников. Причинами этого очевидно являются, низкая себестоимость аппарата и короткие сроки разработки. Когда мы считаем стоимость запуска пропорционально массе полезной нагрузки, мы понимаем, что стоит экономить каждый килограмм. Эти расчеты, конечно, не применимы для всех случаев, особенно не для первичной полезной нагрузки. Это подходит для многих небольших компаний и вузов.

Энтузиазм к небольшим спутникам и бурное развитие данного направления объясняется короткими сроками разработки и производства, сравнительно невысокой стоимостью самого аппарата и его вывода на орбиту. Важным моментом, обусловленным развитием техники, считается способность небольших спутников скрупулезно исполнять какие-либо задачи, которые раньше были подвластны лишь большим и дорогим аппаратам. Также, на базе нескольких маленьких спутников вполне вероятно создание формаций и группировок спутников, предоставляющих возможность проведения одновременных экспериментов в различных, но близких точках пространства.

1 Анализ проектирования спутника Cubesat

Сегодня глобальная космическая деятельность вышла на уровень активного становления, связанного как с повышением востребованности результатов космической работы, но и с выходом в свет сознательно новейших технологических решений и технологий, создающих возможности для улучшения ракетно-космической техники [1].Строгая конкурентная борьба на крупном рынке космической деятельности вынуждает его участников предоставлять собственные разработки как можно быстрее, качественно и по низким ценам без снижения целевой эффективности космических систем. Главной преградой при продвижении на рынке космической деятельности являются высокая стоимость и продолжительность создания КА, средств выведения, также высокая стоимость запусков и длительное время их подготовки. Одной из первопричин высокой стоимости космических аппаратов считается надобность их исследования для реализации конкретных поставленных целей. Такой подход позволяет создавать специализированные, высокоэффективные аппараты, оснащенные дорогостоящим оборудованием и способные всецело выполнить летное задание. Концепция формаций спутников разрешает снизить расходы с помощью распределения информационной нагрузки между несколькими аппаратами, сделав каждый из них проще и дешевле, а главное, введя возможность замены вышедших из строя деталей. Еще больше снизить стоимость проекта, также существенно уменьшить время его разработки поможет использование стандартизированных спутниковых платформ. Стандартизация и, как следствие, групповое производство неминуемо приводит к понижению цены продукта, хотя в космической отрасли такой подход на протяжении длительного времени был невыполним в связи особенности решаемых задач и потребности в сложном оборудовании. Сегодня задачи, решаемые большинством космических аппаратов стали обыденными, а развитие микроэлектроники и прочих областей технологии вывело массовую продукцию на столь высочайший уровень, собственно ее применяют на космических аппаратах. В следствии цена 1-го спутника и время его исследования существенно убавляются, что разрешает проводить наибольшее количество запусков в сжатые сроки. Ещё одним из разновидностей удешевления запусков, по мнению множества экспертов, считается радикальное уменьшение массы КА [2].Достижения последних лет в сфере микроэлектроники и микроэлектромеханики, особенно в технологий интегральных схем, дали возможность делать небольшие космические аппараты (мини-, микро- и наноспутники) с дешевизной и

небольшим временем подготовки и, в соответствии с этим, творения современной разработки научных приборов с невысокими массой и употребляемой мощностью, хотя высочайшим уровнем высокофункциональных характеристик.

1.1 Назначение спутника Cubesat

Благодаря современному уровню развития науки и техники на спутнике данного класса вполне вероятно устанавливать практически все свойственные большому КА бортовые системы: систему ориентации (пассивная и активная), систему энергоснабжения, систему определения положения и ориентации, систему связи, и еще бортовой комплекс управления. Безусловно, микроспутник несет полезную нагрузку, связанную с конкретным классом решаемых задач широкого диапазона:
связь (в том числе радиолюбительская), дистанционное зондирование Земли, фотосъемка, научные исследования, научно-технические и прочие опыты (даже в образовательных целях) и другие. Внедрение «технологии» маленьких космических аппаратов поддерживается именно в данный момент современными тенденциями становления науки и техники, в том числе миниатюризация электроники, переход к цифровым технологиям в управлении, прогресс в создании конструктивных которые были использованы и нескольких других технических решений [3].

Главное достоинство этих спутников - это его ценовая привлекательность. Низкая стоимость позволяет сформировывать целые спутниковые системы, которые имеют все шансы осуществлять непрерывный мониторинг (зондирование) земной поверхности, улаживать вопросы телекоммуникации и т.д. Становление КА небольших форм помимо прочего подстегивает становление и улучшение сознательно новейших технологий.

Реализация ценовых качеств небольших космических аппаратов невыполнима без создания соответствующих доступных и высоконадежных средств выведения, а также без создания соответствующей космической инфраструктуры управления КА и технологий получения информации. Появление на рынке небольших ракет-носителей, являющихся модификацией военной ракетной техники, помимо прочего содействует расширению способностей применения небольших космических аппаратов. Запуск небольших космических аппаратов на орбиту осуществляется, в большинстве случаев, тремя основными вариантами [4]:

-одиночным - целевой запуск одного КА легким носителем;

- групповым - на одном носителе выводятся наиболее двух КА;

-КА выводится в виде добавочной нагрузки к основному полезному грузу одним носителем.

Помимо этого, для запуска используются конверсионные баллистические ракеты, которые в соответствии с договорами уничтожаются путем запуска в космос с полезной нагрузкой. Стало также возможным, находясь в рамках ограниченного финансирования, создать и вывести на орбиту вместо одного большого (тяжелого) КА группировку малых космических аппаратов, созданных для решения общей задачи. Внедрение таковых группировок позволяет сделать скачок в виде услуг, предоставляемых на базе применения космических средств, прежде всего, значительно увеличивая их своевременность [5].

Наноспутник «CubeSat» имеет размеры 10x10x10 см (если на нем не установлены дополнительные солнечные панели) и массу до 1 кг (от случая к случаю данная масса превышается). Основная особенность CubeSat, отличающая его от других наноспутников – проработанная спецификация, позволяющая добиться высочайшей степени стандартизации [6], максимум использовать в конструкции готовые элементы и приборы (миниатюрные компьютеры, радиостанции, камеры от мобильных телефонов и др.). Благодаря этому максимально уменьшается время на финансовые затраты на разработку космических аппаратов.

Спецификации CubeSat позволяет создавать спутники с размерами 10×10×10см и массой 1кг (обозначаются как 1U (single unit), конструкция которого сотоит из каркаса одного спутника CubeSat, спутники размером 10×10×20см и массой 2 кг и более (2U), конструкция которого сотоит из каркаса двух спутников CubeSat, и спутники размером 10×10×30см, с массой 3 кг и более (3U), конструкция которого сотоит из каркаса трех спутников CubeSat.

КА «CubeSat» благодаря своей относительной невысокой стоимости и быстроте в разработке считаются превосходной платформой для исследования новейших подходов в космической технике, позволяющей показывать инновационные технические и научно-технические решения. При помощи КА «CubeSat» можно провести апробацию некоторых новейших служебных подсистем в условиях космического пространства, и в этом смысле они могут выступать в роли полезной нагрузки. Таким образом, концепция «CubeSat» даст возможность получить за незначительный промежуток времени умения работы над реальным космическим проектом: от выработки концепции, конструирования, производства и наземных испытаний до эксплуатации спутника на орбите.

Также, сравнительно малая стоимость небольших космических аппаратов разрешает привлекать для их создания компании малого бизнеса и высшие технические учебные заведения, то есть способствует созданию «пограничной зоны» разработка/образование.

Спутники стандарта «CUBESAT» состоят из следующих основных элементов

1.2 Корпус и компоновка

Первые «CubeSat»,запущенные в 2003 г., имели весьма разнообразные компоновки. Вскоре появились коммерческие предложения. Так, в состав набора готовых элементов CubeSatKit компании «Pumpkin, Inc.» (США) входят два варианта реализации корпуса спутника: закрытый и открытый. Голландская компания ISIS также предлагает два варианта компоновки спутника: горизонтальную и вертикальную. В обоих случаях масса корпуса, крепежа и монтажных панелей составляет около 200 г.

Бортовой компьютер. Бортовой компьютер считается центральным элементом - «сердцем» спутника. Его характеристики диктуются целями полета конкретного спутника, также уровнем развития электронной элементной базы. Условия космического пространства предъявляют строгие притязании к выбору составляющих бортового компьютера. Они обязаны быть устойчивы к воздействию космической радиации, работать в широком диапазоне температур, иметь довольно невысокое энергопотребление. Для спутников типа «CubeSat» используются промышленные электронные составляющие, наиболее доступные и наименее устойчивые к воздействию радиации, нежели «космические» составляющие, использующиеся в традиционных спутниках. Двойные и тройные спутники позволяют создателям применять наиболее производительные процессоры.

Система энергоснабжения. В большинстве случаев, система энергоснабжения «CubeSat» состоит из солнечных батарей, обеспечивающих его энергией на освещенной стороне орбиты, и аккумуляторных батарей, питающих бортовые системы на теневой стороне орбиты (примерно треть времени жизни для большинства «CubeSat») и запасающих энергию солнечных батарей. Спутники, рассчитанные на короткосрочный полет, употребляют исключительно аккумуляторные батареи. В одиночных «CubeSat» употребляются солнечные составляющие разных типов (Si, GaAs), а еще CIGS-элементы, размещенные на корпусе спутника.

На двойных и тройных «CubeSat» употребляются помимо прочего раскрывающиеся панели солнечных батарей. Система энергоснабжения космического аппарата — система космического аппарата обеспечивающая электропитание других систем, является одной из важнейших систем, во многом именно она определяет геометрию космических аппаратов, конструкцию, массу, срок активного существования. Выход из строя системы энергоснабжения ведёт к отказу всего аппарата. Система связи и аппаратура наземной станции слежения. Бортовая система связи «CubeSat» осуществляет передачу сигналов радиомаяка, прием команд управления, передачу телеметрической информации и данных, приобретенных от полезной нагрузки. Сигнал радиомаяка передается кодом Морзе в диапазоне частот 430 МГц. Для передачи телеметрии и команд, обычно,

используется J-режим любительской радиосвязи, то есть для передачи данных со спутника используется диапазон 430 МГц, а для передачи команд на спутник - диапазон 144 МГц. Формат принимаемых со спутника данных обычно открыт для широкой публики, что позволяет осуществлять слежение за спутником радиолюбителям по всему миру. Для обмена информацией употребляется пакетная радиосвязь со скоростью 1200 бит/с. Оборудование наземной станции слежения, в большинстве случаев, обычно для станций пакетной радиосвязи и он состоит из компьютера, модема, трансивера [8] и антенны. Компьютер и модем объединяются в единичный блок - так-называемый контроллер терминального узла [9] - ключевой компонент станции пакетной радиосвязи. Антеннами являются две крестообразныеантенны типа «волновой канал Яги» (430 МГц/144 МГц) и один плоский рефлектор. Антенны типа «волновой канал Яги» управляется персональным компьютером, используя данные о положении спутника в формате TLE, открытые для публики. Модем. Модуляция представляет собой процесс, посредством которого сигнал (в нашем случае цифровая информация) используется для изменения характеристики несущей волны. Поэтому волна модулируется для представления информации в виде единиц и нулей. Затем несущая волна модулируются.Несущая волна имеет гораздо более высокую частоту, чем частота поднесущей.

Трансивер.Приемопередатчик это комбинации передатчика и приемника, как следует из названия. Передатчик необходим, поскольку сигнал от модулятора фазы является слишком слабым для передачи. Поэтому усиление мощности не требуется. Основные типы усилителей: твердотельных и лампы бегущей волны. Мы будем использовать твердотельные усилители, потому что они маленькие и легкие. Они называются HPA (усилитель высокой мощности). Сигнал с выхода усиляется затем фильтруются и передается на антенну для передачи. С приемником это работает наоборот. Сигнал от антенны усиливается и фильтруется, чтобы обеспечить более сильный входной сигнал к процессу демодулятора.Аббревиатура для этого компонента - LNA (малошумящий усилитель). Требования для связи утверждают, что качество зависит от двух факторов, от передающего усиления антенны и мощности сигнала. Можно изменять один для копенсации второго. Тем не менее, коэффициент усиления будет определяться с требованиями для данных исходящей линии связи таким образом, что имея заданное значение для коэффициента усиления я могу оценить мощность. На рынке есть много подходящих устройств удавлетворяющих эти требования. После определения конструкиции антенн я могу провести исследование рынка.Компьютер.В качестве компьютера можно использовать обычный персональный компьютер. На ПК должно разработать программное обеспечение для отслеживания, а также программа, которая декодирует формат протокола полученной радиоприемником.

Отслеживание. Отслеживание спутниковых средств требуется для определения позиции, чтобы указать линии визирования антенны на нем. Только таким образом наземная станция будет работать. Для отслеживания спутника используется комбинация аппаратных средств и программного обеспечения. Аппаратная часть устройства отвечает за вращение антенны вокруг двух осей, азимута и высоты. Этого достаточно, чтобы покрыть все небо.

Диплексер.Диплексер - это устройство, позволяющее разделять (или объединять) сигналы разных частот. .Так как я хочу использовать только одну антенну для восходящего и исходящего сигнала мне нужно будет установить диплексер. Это коммутатор для подключения антенны к передатчику или приемнику.
Антенна.Антенны являются важными компонентами в спутнике. Они представляют собой интерфейс между свободным пространством и электронными устройствами. Их цель заключается в обеспечении перехода от направленной волны в линии передачи в свободном пространстве и наоборот в приемный контейнер. Если антенны не работают спутник можно считать нерабочим. Для установления связи между спутником и наземной станцией, даже в условиях, когда позиция и положение космического корабля точно не известны нам понадобится антенна, которая имеет широкую ширину луча. Кроме того, мы не можем использовать любой механизм на борту спутника для антенны. Таким образом параболические антенны и другие устройства не применимы. Антенны, которые теоретически излучает одинаково во всех направлениях, называются всенаправленными. Недостатком является то, что эти антенны требуют гораздо больше энергии, чем направленные антенны. Компромисс между большой шириной луча и доступной мощностью дипольных антенн - несимметричный вибратор. Диаграмма направленности дипольной антенны показана на рисунке 2

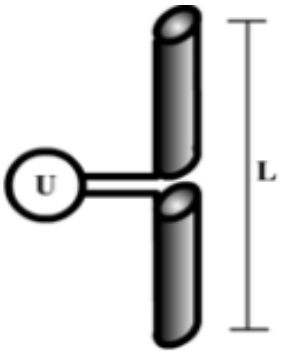


Рисунок 1.1- Дипольная антенна

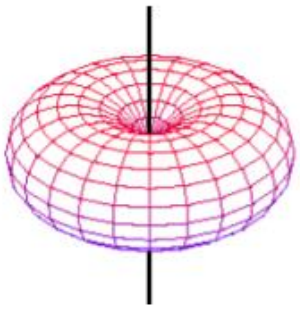


Рисунок 1.2 - Диаграмма направленности дипольной антенны

Дипольная антенна имеет лучший радиоканал, когда передающие и приемные антенны параллельны друг другу. В любых других случаях производительность снижается. Кроме того, вдоль оси диполя нет сигнала излучения. В этом случае полученный сигнал равен нулю.Конструктивный метод дипольных антенн, чтобы избежать направления нуля электромагнитного излучения заключается в применении турникетов антенн. Турникет антенн не что иное, как пересечение диполей.Монопольная антенна работает аналогично дипольным антеннам. Это диполь, который разделен пополам в центре и подается к земле. Таким образом монопольная антенна имеет лишь половину длины пропорционального диполя очень важно для нано-спутников. Диаграмма направленности монополя над идеально плоской землей является таким же, как у дипольной антенны, аналогичным образом расположеной в свободном пространстве. Антенны должны быть изолированы от коструктции.Для Cubesat измение дипольных антенн или монопольных антенн сказывается на сборке, как показано на рисунке 1.3 Причиной этого является то, что конфигурацию мы воспринимаем как должное ориентации космического аппарата вдоль оси Надир в обычном режиме в связи с требованиями полезной нагрузки. С помощью предлагаемых диграмм направленностей антенны увеличиваются, и, следовательно, производительность линии связи будет лучше, по сравнению с одной дипольной или монопольными антеннами как используется в других Cubesat.

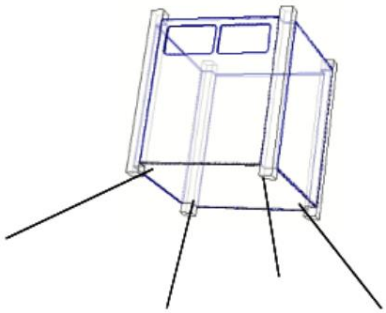


Рисунок 1.3- Предлагаемое расположение антенны

Как уже говорилось, четыре монопольные антенны должны быть изолированы от основной структуры. Длина монополей антенны составляет четверть длины волны, в нашем случае около 175 мм для 435MHz. Они подаются в квадратуре, т.е. с фазовым сдвигом в 90 °. Материал антенны должна быть определена .Медь является наиболее используемым материалом для антенн. Но мы должны принимать во внимание эластичность. На самом деле, это может быть гораздо важнее, чем использовать лучшие проводящие материалы. Поскольку антенны будут находиться в свернутом состоянии. Сталь может подойти этой цели лучше.

Антенна. Для увеличения зоны покрытия антенна должна быть перпендикулярно вектору излучения.Первая мысль установки антенны на шести стороне была заменена на конфигурацию их четырех 17см антенн направленых в разные стороны, как на изображении.

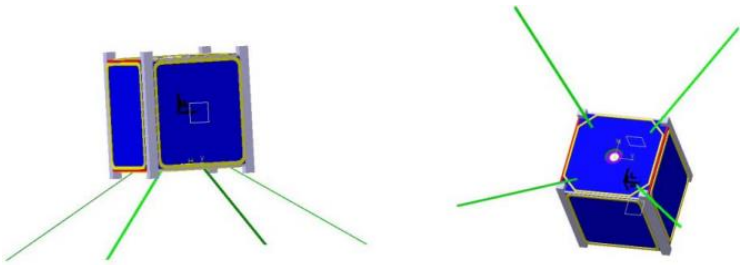


Рисунок 1.4 -Антенны

Катушки СУОС. Чем больше на поверхности катушек, тем лучше их эффективность. Поэтому нужно, чтобы катушки были установлены на боковые панели. Это позволит избежать дополнительной катушки на опорных частях. Требуется как минимум три катушки, по одной для каждой оси. Возможность использования 6 катушек, 2 для каждой оси (катушки Гельмгольца), для получения лучшей однородности электромагнитного поля, кажется, лучшим решением.

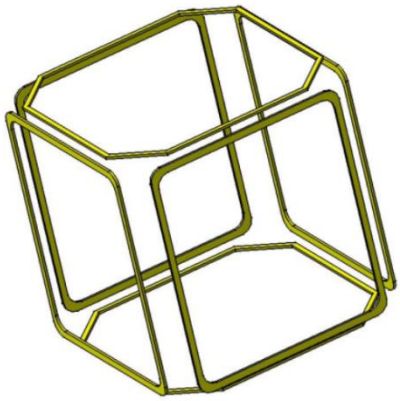


Рисунок 1.5- Катушки СУОС

1.3 Система управления ориентацией и стабилизации

Точность ориентации основной массы запущенных к реальному моменту одиночных «CubeSat» не слишком большая и составляет в пределах 10°. Определение ориентации обычно осуществляется при помощи магнитных и солнечных датчиков, для управления чаще всего используются магнитные исполнительные органы [10]. Однако уже двойным и тройным CubeSat'ам доступен практически весь спектр обычных для передовых СУОС устройств [11]. Для определения ориентации, обычно, применяются цифровые трехосные магнетометры [12]. В виде солнечных датчиков имеют все шансы использоваться солнечные батареи, ток в которых изменяется исходя из ориентации относительно Солнца [13] либо фотодиоды, помещенные на гранях спутника [14].

Система ориентации имеет основное значение для успеха всей миссии. Большая часть первых спутников или не имело систему ориентации, или имело пассивную систему. Как принято говорить, под пассивными системами понимаются эти системы, которые в процессе личного функционирования не расходуют энергетических ресурсов аппарата и не требуют информационного обеспечивания. К активным относятся системы, включающие в собственный состав датчики, вычислитель и исполнительные органы, употребляющие энергию. Становление активных систем ориентации началось в основном благодаря запускам телекоммуникационных спутников, имеющих ограничение на направление антенны.Ключевым методом ориентации при всем при этом считалась стабилизация собственным вращением. Тогда спутник, быстро вращаясь, проявляет себя как гироскоп – чрезвычайно длительное время бережёт неизменным положение оси вращения. Все главные методы ориентации, однако, были принципиально реализованы в самом начале космической эры. К системам ориентации небольших спутников и их компоновке предъявляются специальные требования связанным с ограниченными размерами спутника и очень жесткими ограничениям по энергетике и вычислительным ресурсам.

В случае если к точности ориентации спутников не предъявляется больших требований, то можно и целенаправлено использовать магнитные системы ориентации. Их принцип действия основывается на взаимодействии собственного магнитного момента спутника с внешним геомагнитным полем, в следствии которого возникает управляющий механический момент. Магнитный момент может быть реализован пассивно при помощи постоянных магнитов и гистерезисных стержней либо активно при помощи токовых катушек с намагничиваемым сердечником или без него. Эти системы конструктивно надежные и сравнительно несложные. Возможность создавать на спутнике магнитное поле и управлять этим полем привела к разработке многообразных систем и алгоритмов, использующих магнитные моменты для управления его угловым движением. Система ориентации на двигательной установке. Система ориентации на двигательной установке. Другим популярным методом обеспечения ориентации является использование маховиков. Превосходством маховиков считаются их

высочайшая точность и быстродействие. Главным недостатком, в случае рассмотрения небольших аппаратов, считается стоимость. Помимо всего этого, при применении маховиков возникает проблема насыщения. Маховик имеет возможность достичь наибольшей скорости вращения, хотя при всем этом спутник еще не выйдет на номинальный режим ориентации. В такой ситуации нужно было остановить маховик, создавая при всем при этом момент, компенсирующий возникающий при его торможении. Обычно для разгрузки используются магнитные катушки. Двигательная установка помимо прочего нередко употребляется для обеспечения ориентации спутника. Данный метод имеет один главный недостаток – применение рабочего тела. Двигательную установку в следствии этого бессмысленно применять для гашения начальной скорости после отделения от ракеты-носителя, когда она велика. Тогда могут быть приняты на вооружение пассивные демпфирующие устройства. Внедрение магнитных катушек, однако, наиболее эффективно. Три представленные метода ориентации спутников – маховики, двигательная установка, магнитные катушки – считаются более популярными в настоящее время. Как правило они с потребностью используются совместно. Ориентация посредством сил светового давления до сих пор во многом находится в стадии разработки. В некоторых специализированных случаях употребляется ориентация по набегающему потоку в верхних слоях атмосферы для низких аппаратов.В случае динамически вытянутых спутников используется гравитационная ориентация, хотя в сочетании с иными исполнительными элементами. К магнитным системам помимо прочего относятся пассивные. Присутствие сильного постоянного магнита в теле спутника гарантирует его ориентацию вдоль силовых линий геомагнитного поля. Демпфирование скорости может осуществляться с помощью стержней из магнитомягкого материала за счет эффекта гистерезиса. Отдельно можно выделить поддержание ориентации посредством быстрого вращения спутника.В состав СУОС помимо прочего входят датчики температуры (термисторы), так как характеристики солнечных датчиков существенно зависят от температуры. Спектр датчиков и исполнительных органов, которые можно использовать в составе СУОС, постоянно расширяется. Темпы развития элементной базы можно проиллюстрировать на примере двигателей -маховиков. Если в 2002г самые миниатюрные маховики имели массу 0.77кг и энергопотребление более 3Вт [15], и потому не могли использоваться в наноспутниках, то разработанные в 2007г. маховики имеют массу всего 44г, а максимальное энергопотребление составляет 0.7Вт [16].

Звездные датчики по сей день не применялись на «CubeSat». Высочайшая точность определения ориентации пока не востребована в аналогичных спутниках, кроме всего прочего отсутствуют готовые приборы, подходящие по массогабаритным и энергетическим характеристикам. Самостоятельная же разработка датчиков представляет из себя задачу, по сложности сравнимую с разработкой всего спутника. Впрочем в качестве

полезной нагрузки звездные датчики используются на канадских «Can_X» [17]. Датчики угловых скоростей рассматриваются многими разработчиками как весьма перспективные благодаря их небольшой массе, габаритам и низкому энергопотреблению. Впрочем необходимость принимать конструктивные меры по устранения дрейфа показаний подобных датчиков усложняет систему СУОС.

Для определения положения спутника на орбите сегодня все чаще употребляются приемники системы GPS. Обеспечение теплового режима. Большинство проектов «CubeSat» используют пассивные способы управления тепловым режимом (специальные облицовка, окраска). Внешние элементы спутника подвергаются тепловым воздействиям в диапазоне температур от –120 °С до +100 °С при переходе с теневой стороны орбиты на освещенную, причем скачок температуры происходит в течение нескольких минут. Такой перепад температур может привести к сбоям в работе или выходу из строя бортовой аппаратуры. Согласно данным [18] внутри спутника температура изменяется не так резко: от –20 до +20 °С. Основные электронные компоненты, отвечающие промышленным стандартам, способны работать в диапазоне температур от –40 до +85 °С.

Датчики системы управления движением микроспутника время от времени фиксируют параметры движения. В случае, как скоро спутник слишком сильно отклоняется от требуемого положения, система переключается на режим управления и корректирует этот дрейф. После корректировки система возвращается в обычный режим. Аварийный режим, как ожидается, будет устанавливаться изредка или никогда. Чтобы обеспечить ускорение процесса зарядки от батареи, система будет работать с довольно сниженным энергопотреблением. В этом режиме все стандартные функции отключены. Когда проблема будет решена, например, батарея полностью зарядится, микроспутник возвращается в обычный режим.

Системный анализ – научный способ исследования, представляющий из себя последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или же составляющими исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических способов [21].

Статическая структура главных объектов микроспутника представлена на рисунке 1.6 в виде диаграммы объектов. Из приведенной диаграммы видно, что микроспутник состоит из двух основных составных частей:

- Бортовой целевой комплекс;
- Бортовые служебные системы.

Бортовой целевой комплекс предназначен для непосредственного обеспечения решения поставленной перед космическим аппаратом задачи.

Бортовые служебные системы созданы для решения задач, обеспечивающих все необходимые условия для функционирования

бортового целевого комплекса и микроспутника в общем. В состав объекта «Бортовые служебные системы» входят следующие главные подсистемы:

- бортовой комплекс управления;
- система управления движением и навигации;
- система электроснабжения;
- бортовая аппаратура служебного канала управления;
- система обеспечения теплового режима;
- конструкция и механизмы.

Подсистема «Бортовой комплекс управления»

Бортовой комплекс управления представляет из себя совокупность приборов бортового оборудования, объединенных каналами обмена информации, и программного обеспечения. Бортовой комплекс управления распределяет команды, собирает, запоминает и форматирует информацию от обеспечивающих подсистем микроспутника и полезной нагрузки. Основными функциями бортового комплекса управления являются:

-контроль и управление бортовыми системами микроспутника и элементами БЦК в автоматическом режиме и под контролем НКУ;

-выполнение алгоритмов реализации режимов работы микроспутника в автоматическом режиме и под контролем НКУ;

-синхронизация работы бортовых систем микроспутника;

-прогноз текущих навигационных параметров, выдача навигационных данных в БЦК;

-прием, обработка и распределение командной информации служебного канала управления;

- передача телеметрической информации на НКУ;

-контроль, диагностика и парирование расчетных нештатных ситуаций служебных систем в автоматическом режиме или с участием НКУ [22,23].

Бортовой компьютер предназначен для хранения и реализации программ управления и контроля бортовой аппаратуры микроспутника.

Система управления движением и навигации осуществляет определение углового положения микроспутника и управление его ориентацией. Комплекс задач, выполняемых системой управления движением и навигации, представлен в виде диаграммы прецедентов на рисунке 1.6.

Рисунок 1.6 – Статическая структура основных объектов микроспутника

Подсистема «Система управления движением и навигации»

Статическая структура объекта «Система управления движением» представлена в виде диаграммы объектов на рисунке 1.7. Из приведенной диаграммы видно, что объект «Система управления движением» состоит из следующих основных элементов:

- Датчики углового положения (гироскопические датчики);
-Солнечный датчик;
- Магнитометры;
-Аппаратура спутниковой навигации;
- Маховики;
- Электромагнитный исполнительный орган.

Датчики углового положения предназначены для определения углового положения и угловой скорости микроспутника в пространстве.

Солнечный датчик предназначен для определения направления на центр Солнца в приборной системе координат.

Магнитометры предназначены для определения направления по магнитному полю Земли.

Рисунок 1.7 – Статическая структура объекта «Система управления движением микроспутника»

Аппаратура спутниковой навигации создана для определения по сигналам навигационных систем GPS и ГЛОНАСС в реальном масштабе времени векторов положения и скорости микроспутника с привязкой к системному времени, также для формирования эталонных секундных меток. Маховики созданы для создания управляющих моментов, соответствующих сигналу управления поступающего из БКУ.Электромагнитный исполнительный орган предназначен для создания магнитного момента для разгрузки инерционных исполнительных органов. После построения диаграмм статического представления объектно-ориентированной модели главных подсистем микроспутника были определены основные виды состояний, в которых находится та или иная подсистема в ходе ее функционирования, и были определены действия, при наступлении которых случается переход рассматриваемого объекта из одного его состояния в другое.

Система управления движением и навигации работает в основном в следующих режимах:

- режим выведения и проведения начальной ориентации;
- дежурный режим;
- режим проведения сеанса БЦК; - режим коррекции орбиты;
- режим сохранения живучести.

Рассмотрим работу бортовой аппаратуры служебного канала управления на различных участках функционирования микроспутника:

- участок выведения микросуптника. На данном участке бортовая аппаратура служебного канала управления работает в дежурном режиме: приемники команд включаются в момент подачи на них электропитания и после этого остаются во включенном состоянии, телеметрические передатчики выключены. Телеметрические передатчики могут быть включены в случае, если микросуптник окажется в зоне радиовидимости земной станции. Включение телеметрических передатчиков может быть произведено как бортовым комплексом управления по прогнозу прохождения

зоны радиовидимости земной станции, так и по факту приема сигнала вызова от земной станции;

Из приведенной диаграммы видно, что основными узлами

компонентной модели микроспутника являются следующие служебные подсистемы микроспутника:

- Бортовой комплекс управления базируется на двух типах устройств: бортовом компьютере и устройствах сопряжения;
- Система управления движением и навигации представляет собой совокупность измерительных датчиков и исполнительных органов;
- Бортовая аппаратура служебного канала управления;
- Система электроснабжения содержит устройство управления электропитанием, солнечные батареи и аккумуляторную батарею;

Модель системы ориентации микроспутника

Система ориентации создана для управления угловым движением КА, то есть для придания его осям определенного положения относительно заданных направлений. Для микроспутника характерна орбитальная ориентация, при которой одна из осей - ось курса постоянно направлена к центру Земли, вторая - ось тангажа - перпендикулярна плоскости орбиты, а третья - ось крена лежит в этой плоскости.

По количеству ориентированных осей микроспутника различают одноосную ориентацию, при которой поддерживается определенное угловое положение одной из его осей относительно заданного направления, и полную ориентацию, когда определенное угловое положение придается всем трем осям микроспутника. [24,25]

На рисунке 1.8 показана обобщенная схема системы ориентации микроспутника.

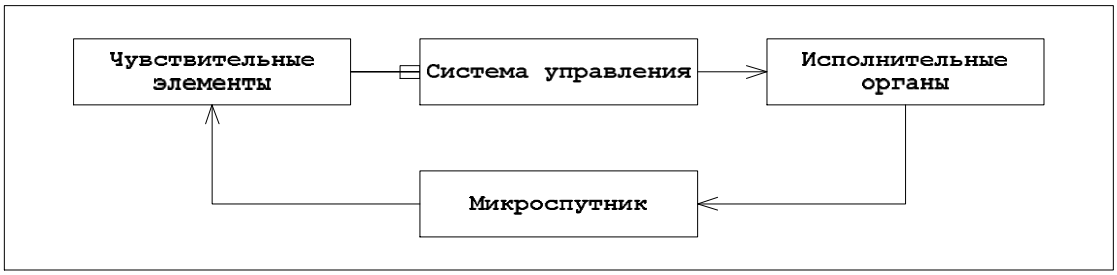


Рисунок 1.8 - Обобщенная схема системы ориентации микроспутника

Текущее угловое положение микроспутника определяется на базе данных, поступающих от чувствительных элементов, представляющих из себя различные датчики. Наиболее часто используются электронно-оптические датчики, использующие в виде опорных ориентиров небесные тела - Солнце, Землю, Луну, звезды. Оптические приборы под действием видимого света или же инфракрасного излучения при отклонении осей датчиков от направления на опорный ориентир вырабатывают электрический сигнал.

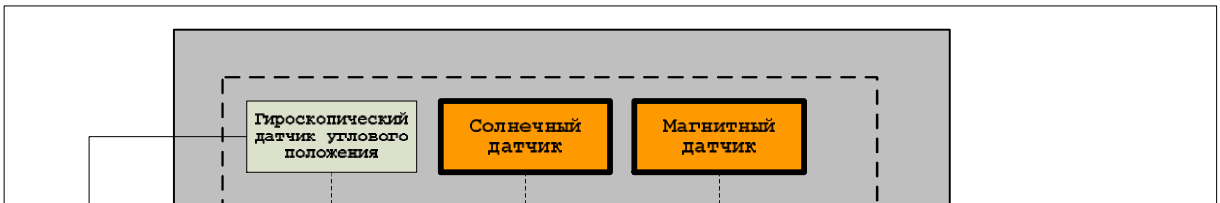


Рисунок 1.9 - Система ориентации и стабилизации

Для определения углового положения микроспутника в системе с оптическими датчиками также используются чувствительные магнитные элементы который показано на рисунке 1.9.

1.4 Гироскопические датчики

Гироскопические датчики используют свойство быстровращающегося волчка сохранять неизменным в пространстве направление. Данные датчики позволяют найти ориентацию микроспутника без внешних воздействий или ориентиров. Гироскопические датчики применяются для определения, как углового положения микроспутника, так и его угловой скорости.

Электрические сигналы с датчиков поступают в систему управления, которая осуществляет:

-усиление, сопоставление и преобразование сигналов в управляющие сигналы для включения или выключения исполнительных органов;

-логические операции, необходимые для правильного функционирования системы ориентации.

Исполнительные органы по командам, поступающим с системы управления, вырабатывают управляющие моменты, которые действуют на угловое положение микроспутника. В системах ориентации применяются как активные, так и пассивные исполнительные органы (рисунок 1.10). К пассивным исполнительным органам относятся гравитационная, аэродинамическая, магнитная, которые для собственной работы не

потребуют определенных усилий энергии, запасенной на борту микроспутники.

Они различаются высочайшей экономичностью, впрочем области их применения ограничены. К активным системам, требующим для своей работы некой энергии или массы, запасаемой на борту микроспутника, относятся электромагнитные устройства, реактивные двигатели ориентации, двигатели - маховики. Преимуществом активных систем ориентации считается их гибкость,
вероятность обеспечить разворот микроспутника в подходящем направлении с требуемой угловой скоростью.

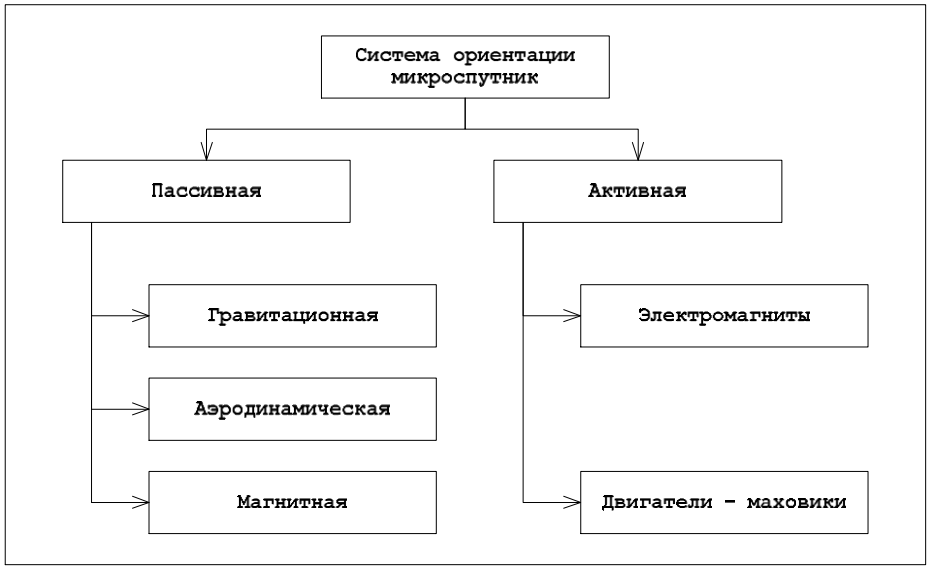


Рисунок 1.10 - Типы системы ориентации микроспутника

На рисунке 1.11 показана модель системы ориентации микроспутника с чувствительными элементами, представленными солнечным,магнитным датчиками и датчиком горизонта Земли, в качестве исполнительных органов используются маховики, установленные по трём осям микроспутника.

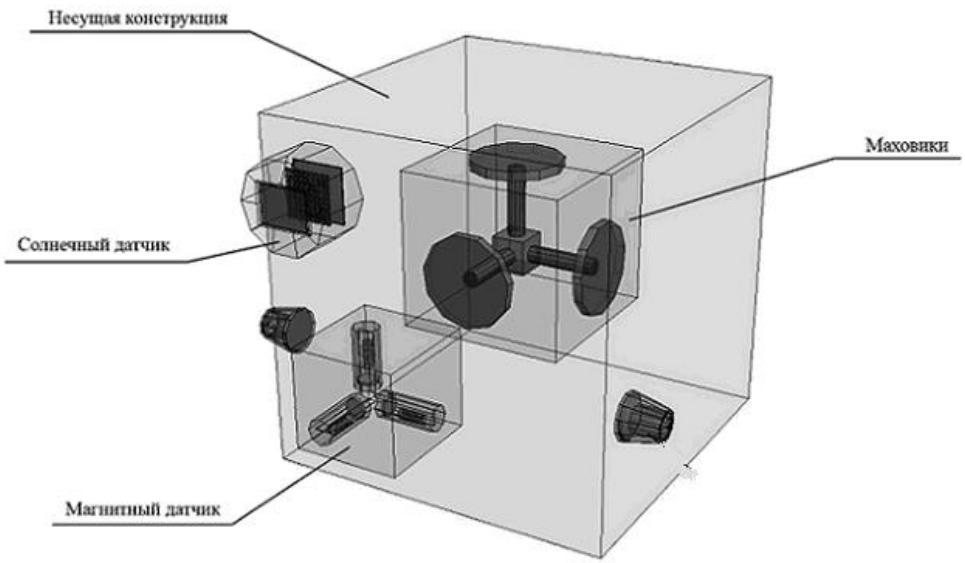


Рисунок 1.11 - Предварительная структурная схема системы ориентации микроспутника

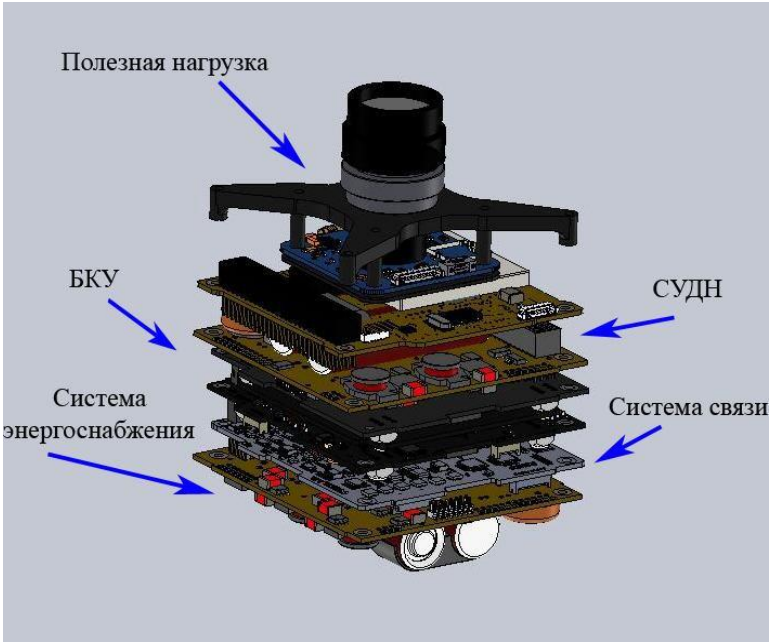


Рисунок 1.12 – 3D модель микроспутника

Рисунке 1.12 показано трехмерная модель микроспутника, которая была предварительно спроектирована в автоматизированной системе Solid Works.

Гироскопический датчик - это навигационный устройство, который является одним из основополагающих устройств определения ориентации, более широко использующийся в автоматических системах управления авиационной и космической техники. Гироскопические датчики позволяют определять угловое положение и угловую скорость летательного аппарата в отсутствии внешних ориентиров. На данный момент создано большое количество гироскопических датчиков, которые выделяются между собой по типу, по принципу действия, по назначению, по конструкции и т.п. В частности по принципу действия гироскопические датчики разделяются на механические, оптические и электромеханические гироскопические датчики. По количеству степеней свободы гироскопические датчики разделяются на 2-х степенные, 3-х степенные. По режиму работы гироскопические датчики разделяются на датчики угловой скорости и указатели направления.

Механический гироскопический датчик – это навигационный устройство, основным элементом которого считается быстро вращающийся ротор механического гироскопа, закрепленный так, что ось его вращения может поворачиваться. Три степени свободы (оси возможного вращения) ротора гироскопа поддерживаются двумя рамками карданова подвеса (рисунок 1.12).

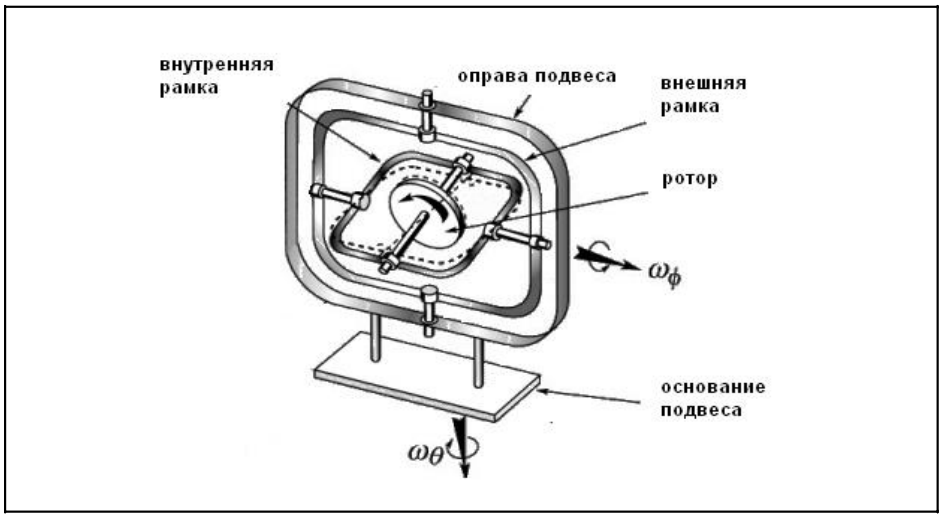


Рисунок 1.13 – Механический гироскопический датчик

Принцип работы такого датчика базируется на свойстве гироскопа сохранять положение собственной оси вращения в пространстве постоянным, если на него не действуют внешние силы [23,24]. Таким образом, когда на гироскопический датчик не срабатывают внешние возмущения, то ось собственного вращения ротора гироскопа сохраняет постоянное направление в пространстве. Если гироскопический датчик подвергается воздействию моментов внешних сил, стремящихся повернуть его ось собственного вращения, то она начинает вращаться собственного вращения, то она начинает вращаться не вокруг направления момента, а вокруг оси перпендикулярной ему, т.е. начинает прецессировать. Точность механического гироскопического датчика определяется, прежде всего, временем ухода гироскопа, входящего в его состав (размерность град/час). Погрешность в устройстве возникает вследствие неточности и несовершенства элементов конструкции, и образуются моменты внешних сил, действующие на гироскоп и отклоняющие основную ось его вращения от заданного направления в пространстве. Средняя скорость отклонения главной оси вращения гироскопа за определенный промежуток времени от заданного направления в пространстве является главной характеристикой точности механического гироскопа и называется собственной скоростью прецессии гироскопа [25].

1.5 Модель солнечного датчика

Солнечный датчик считается чувствительным составляющим системы ориентации и стабилизации и представляет из себя панорамную цифровую фотокамеру среднего разрешения с фотообъективом и платой электроники.
Назначение и функции: определение положения вектора направления на Солнце в системе координат солнечного датчика.

Основные характеристики: угол поля зрения объектива, размерность детектора. Принцип работы солнечного датчика основывается на обработке изображения объекта элементами детектора, формирующей сигналы разной интенсивности, которые в последствии обрабатываются блоком электроники для формирования представления о изображении. Схема работы солнечного датчика на основе детектора представлена на рисунке 1.14.

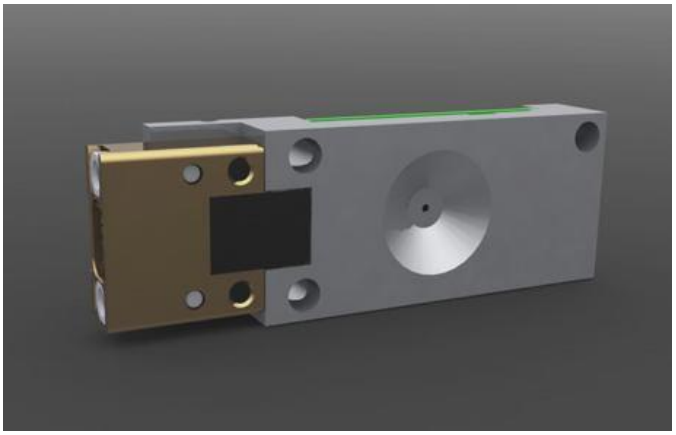


Рисунок 1.14 - Структурная схема солнечного датчика

Для определения углового отклонения вектора направления на Солнце относительно осей солнечного датчика необходимо определить центр видимого диска Солнца на изображении, получаемом при фотосъемке. Поскольку Солнце не единственный объект, попадающий на изображение, то чтобы достичь желаемого результата помимо прочего потребуется произвести фильтрацию всех остальных ярких пятен, к примеру – звёзд [22].

Солнечный датчик ведет съемку в определенном диапазоне спектра, характерном для солнечного излучения. В следствии этого интенсивность отдельных элементов изображения, соответствующих оставшимся светящимся объектам, значительно ниже, нежели интенсивность области изображения, принадлежащей изображению Солнца. Это позволяет выделить на изображении область, которой принадлежит изображение Солнца и найти координаты элемента изображения, являющегося ее центром (рисунок 1.15).

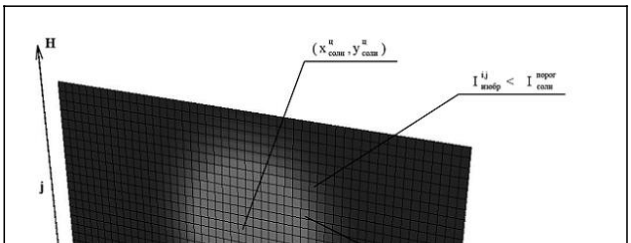


Рисунок 1.15 - Определения контура и центра Солнца на изображении

1.6 Модель магнитного датчика

Магнитный датчик навигатора (рисунок 1.16) представляет из себя кольцо из материала с высочайшей магнитной проницаемостью, на которое намотаны обмотка возбуждения и перпендикулярно друг другу две измерительные обмотки.Принцип действия датчика заключается в следующем. Если на обмотку возбуждения подать переменное напряжение, то магнитный поток в сердечнике будет изменяться и с помощью возникновения электромагнитной индукции на выходе измерительных обмоток покажется «наведенное» напряжение. При отсутствии внешнего магнитного поля напряжение на измерительных обмотках будет также отсутствовать, потому что изменение магнитного потока в этом случае вызывает, как показано на рисунке 1.23, появление в точках S1,S2 сердечника напряжений противоположной полярности, которые компенсируют друг друга [24].

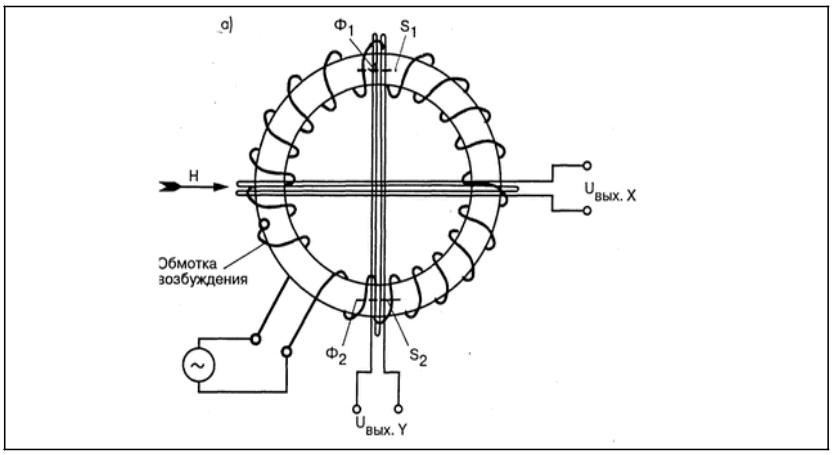


Рисунок 1.16 - Структурная схема магнитного датчика

1.7 Модель инерционного исполнительного органа – маховика

Маховики – это вращающиеся инерционные устройства, применяемые для высокоточной ориентации и стабилизации микроспутника. Работа маховиков основана на законе сохранения кинетического момента. Управляющий момент создаётся за счёт динамической реакции, возникающей при разгоне или торможении маховика. Когда маховик раскручивается в одну сторону, то микроспутник, соответственно, начинает крутиться в другую сторону. Например, если под влиянием внешних факторов микроспутника начал разворачиваться в определенном направлении, достаточно увеличить скорость вращения соответствующего маховика в ту же сторону, чтобы он скомпенсировал момент («принял вращение на себя») и нежелательный поворот микроспутника прекратится.Управление маховиками может быть как релейным, так и линейным. Отсутствие автоколебаний при линейном управлении с маховиками позволяет создать системы, удовлетворяющие повышенным требованиям по точности ориентации и стабилизации [23].Конструктивно маховик может представлять собой полый толстостенный, тонкостенный или сплошной цилиндр (диск), вращающийся вокруг своей оси. Для изменения скорости вращения маховика обычно используются электродвигатели, на ось ротора которых крепится диск маховика. Управление скоростью вращения маховика производится логическим устройством системы ориентации. Схема работы маховика показана на рисунке 1.17

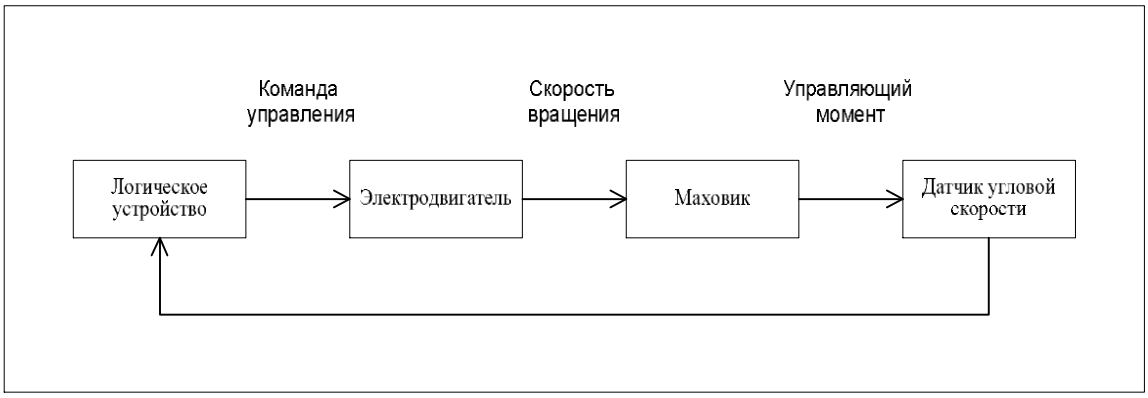


Рисунок 1.17 - Схема работы маховика

1.8 Солнечные панели

Солнечная панель или же солнечная батарея - это наборы соединенных в схему и заключенных в раму солнечных ячеек.
Солнечная ячейка или же солнечный элемент - это полупроводниковое устройство, преобразующие энергию солнечного света в электрическую энергию.

Отличительные черты применения солнечных панелей.
Применение солнечной энергии для получения электроэнергии имеет ряд преимуществ:
1. Для получения солнечной энергии, солнечной панели не потребуется топливо, нет постоянных расходов на его покупку и доставку.Имеют место лишь издержки на покупку оборудования и в последующем потребитель получает электроэнергию безвозмездно. 2.Система получения солнечной энергии работает круглые сутки и всецело автономна.Полученная электрическая энергия скапливаются в аккумуляторах и доступна в темное время суток.
3. Электроэнергия вырабатывается методом прямого преобразования энергии света, собственно абсолютно бесшумно. В случае если дизель собственным гулом может препятствовать вам и вашим соседям, то с солнечной батареей таковых проблем нет.
4. Долгий срок безаварийной службы. Высококачественные солнечные панели рассчитаны на работу на протяжении более 25 лет. Последующие 20 лет система станет производить приблизительно 80% энергии от первоначальной мощности. Следовательно, общий срок эксплуатации составляет более 45 лет.
5. Надежность. Солнечная батарея гарантированно производит электроэнергию ежедневно от восхода до заката. Производительность снижается в пасмурную погоду, хотя все таки солнечные панели выделяют электроэнергию и в этом случае.
В этом смысле солнечные панели надежнее ветряных турбин, так как ветер значительно менее постоянен, нежели дневной свет.
По сравнению с жидко топливными системами, не трудно догадаться, что дизель наиболее прогнозируем и надежен в плане обеспечения электроэнергии. Впрочем следует помнить, что дизель может не завестись, поломаться, присутствуют постоянные затраты на покупку топлива.
6. Общедоступность.Солнечный свет есть повсюду но даже это в некоторых случаях критическое превосходство солнечных панелей перед ветряными и дизельными системами.
Специфики рельефа, застройки, метеорологических отличительных черт, размера участка, имеют все шансы не позволить разместить «ветряк», а для солнечных систем ограничений гораздо меньше.
7. Вероятность произвольного изменения мощности системы.У жидкотопливных и ветряных систем мощность зафиксированная. А у солнечных систем данное значение произвольная.

Можно установить не очень большую панель и применять для малопотребляющих устройств. Это обойдется дешевле. А в случае если выяснится, что установленной мощности не хватает, то возможно всегда нарастить, доставив больше панелей необходимого размера. Хотя солнечные панели и считаются оптимальным выбором для автономных систем электроснабжения, у них есть и ограничения:

- В зимнее время производительность солнечных батарей снижается в полтора-два раза.
- Солнечные панели неэффективно использовать для отопительных систем. Для отопления и нагрева воды существенно больший эффект дают солнечные коллекторы. Основными производителями солнечных панелей являются Германия, Китай Испания, США, Япония, Италия, Россия.

Высококачественные солнечные панели с легкостью выдерживают всевозможные погодные условия, в том числе и крупный град. Единственный необходимый уход - периодически очищать поверхность от снега и пыли, собственно значительно повышает ее производительность. Существуют системы, способные поворачивать солнечные панели вслед за солнцем на протяжении дня, это разрешает повысить почти до 50% получение солнечной энергии по сравнению со стационарно расположенными солнечными батареями.

2.Запуск спутника

2.1 Корпус и механизмы

Корпус должен обеспечить местом полезную нагрузку и подсистемы. Корпус спутника должен быть разделен на части, первая часть отчвечает за основные нагрузки действующие на аппарат, вторая часть поддерживает пучки проводов, топливные линии, кронштейны для компонентов. Однако наиболее важной проблемой при разработке структуры пико спутника является накладываются ограничения по массе. В этом случае выбор толщины материала является компромиссом между необходимой стабильностью и возможным сокращением массы.

Механизмы космического аппарата всегда являются источником критических сбоев. Поэтому мы намерены использовать их как можно меньше. Но есть некоторые случаи, когда использование механизмов неизбежно, например, механизм развертывания Антенны. Антенна должна быть упакована во время запуска и должна быть развернута в пространстве. Важное значение имеют также переключатели, которые устанавливают спутника в режим работы, когда он покидает P-POD развертывания.

Анализ требований

Сочетание общих спецификаций от концепции CubeSat вместе с конкретными требованиями вытекающих из миссия мы можем создать систему требований.

Функциональные требования:

-Обеспечение местом полезной нагрузки

-Выдерживать механические нагрузки которым подвергается космический аппарат

- Обеспечение радиационной защиты для внутренних частей
- Выполнение развертывания и пусковые требования
- Поставка проводов для компонентов
- Структура должна быть как можно легче

2.2 Среды влияющие на спутник

Так как в пространстве среда очень отличается от окружающей среды атмосферы Земли, мы испытываем каждый день определенные проблемы возникающие во время проектирования спутника. Экологические факты, которые оказывают влияние на структуру спутника будет следующее:

- Радиация
- Дегазация
- Температура
- Верхние слои атмосферы

Структура должна бы быть сконструирован таким образом, что температура компонентов спутника оставалась в пределах своих функциональных возможностей. Расчетное значение от -60 ° C до 80 ° по Цельсию на поверхности аппарата, и от -20 ° C до +40 ° C для внутренних частей будет принято для предварительного проектирования.

Конфигурация Подсистемы

С точки зрения тестирования и возможной замены компонентов очень важно использовать разъемы, которые могут быть использованы более чем один раз. Грузоподъемность и отношение стабилизации являются самыми строгими параметрами влияющими на конфигурацию космического аппарата. Датчики всегда требуют точность выравнивания. Проектировщик конструкции должен найти датчик, который будет свободно расположен от антенны или солнечных батарей. Конструкция антенны также требуют жесткости и термостойкости. Компоненты для обработки данных и команд, часто уязвимы к среде космического пространства, поэтому мы обычно хороним их в центр космических кораблей для защиты от излучения. Наконец, батареи должны быть доступны для предварительного запуска или замены, и находится там, где они будут в зоне оптимальной температуры. Мы должны разработать специальные крепления для соединения элементов с

различными материалами, потому что различные процентны теплового расширение и сжатия могут иметь пагубные последствия.

2.3 Режимы работы

СУДН будет работать в различных режимах на различных этапах срок службы спутника.Режимы работы:

- Первоначальное определение положения
- гашение кручений
- Нормальный
- Уничтожение
- Безопасный режим

Первоначальное определение положения

При установке на орбиту и освобождение от P-POD, вполне возможно, что спутник будет вращаться.Указанное в документации CubeSat максимальное вращение со скоростью до 0.1rad / с по всем трем осям. Кроме того, во время развертывания импульсивно надувных дипольных антенн, крутящий момент будет, действовать на космический аппарат, который трудно предсказать. Тем не менее, перед началом нормальной работы, вращения должны быть компенсированы. Информация о динамическом состоянии спутника после отделения и развертывание антенны должны быть отправлены на наземную станцию для анализа миссии цели, как только линия связи установится.

Гашение вращений. После первоначального определения ориентации контроллер вычисляет необходимые средства, чтобы противодействовать вращению движения. Управление в установленном порядке будет проводиться в открытой форме, т.е. контроллер включит привод для противодействия движению, хотя и не сможет больше получать информацию о положении. В этом режиме мощность можно направить от датчиков к приводу. Вполне вероятно, что спутник будет испытывать вращения только один раз, в самом начале миссии.

Штатный режим. После стабилизации контроллер перейдет в штатный режим. Здесь СУДН будет пытаться сохранить спутник в заданном положении и направленным в конкретную точку (обычно в надир, если не указано иное оператором). В этом режиме только ограниченный запас мощности, около 200 мВт, будет доступен для АСДУ. Эта мощность будет разделена между датчиком и исполнительным механизмом. Магнитометр не может работать в то время как активирован ЭМИО.Общее время для уменьшения исчезновения индуцированного магнитного поля превысит 1 мс, что позволяет квазинепрерывное управление в замкнутом контуре. Созданный моментов будет мал по сравнению с стабилизирующим моментом

так как движение космического корабля не будет существенно изменяться. СУДН активно компенсирует нарушение моментов.

Режим уничтожения. Режим уничтожения должен активировать команду, переданный с земли на борт на спутник во время связи.Команда уничтоженеия будет включать в себя информациюо векторе и времени. После подтверждения команды контроллер установить его целью значение нового вектора указанный оператором. Следовательно, спутник будет активно переориентироваться на новые отношения и держать его, пока не указано иное. Процедура уничтожения сравнима с обычной процедурой, возможно, с более высоким требованием по мощности за ограниченный период времени. Сохранение нового курса космического аппарата будет достигнуто с модифицированным нормальным режимом. Информация о времени позволит начать маневр свода с орбиты в заранее определенное время, даже если спутник не доступен с наземной станции.

Безопасный режим. В безопасном режиме привод отключается и контроллер установливается в режим низкого энергопотребления.Датчики будут продолжать получать информацию о положении дискретным образом. Временные интервалы могут быть фиксированным шагом 5 сек или переменный шаг зависит от скорости изменения положения. Как только заданное отклонение от номинального отношения достигается, система автоматически переключится в нормальный режим используется для восстановления номинального положение. Переключение в нормальный режим из безопасного режима можно только, если с разрешения ОВС. Получение разрешения может быть отложено при высоком энергопотреблении системы, так как связь запрещает активацию дополнительных энергоемких подсистемы.

В штатном режиме работы космический аппарат должен предоставить конечному пользователю информацию о функционировании спутника. Аварийный режим включается, только если в работе корабля что-то пойдет не так, например, система энергоснабжения не обеспечивает достаточное количество энергии.

Система управления необходима космическому аппарату для обеспечения точности наведения. Она должна стабилизировать спутник после его отделения от P-POD. Эта стадия называется отстыковкой. Периодически система переключается в режим управления для того чтобы измерить его расхождение в положение от номинального значения. Если отклонение аппарата превышает допустимый уровень, система управления запускает механизмы ориентации для гашение отклонений. По возвращению аппарата в рабочее положение, спутник возвращается в штатный режим работы.

Штатный режим. Работу спутника можно разделить на два режима. Первый режим нужен для работы с обычными пользователями, второй для операторов. Для начала определим что мы понимаем под понятиями обычный пользователь и оператор:

- Пользователь это любой человек имеющий лицензию и соответствующее оборудованием для связи с аппаратом.
- Операторы - это лица участвующие в разработке аппарата и взаимодействующие с обычными пользователями.

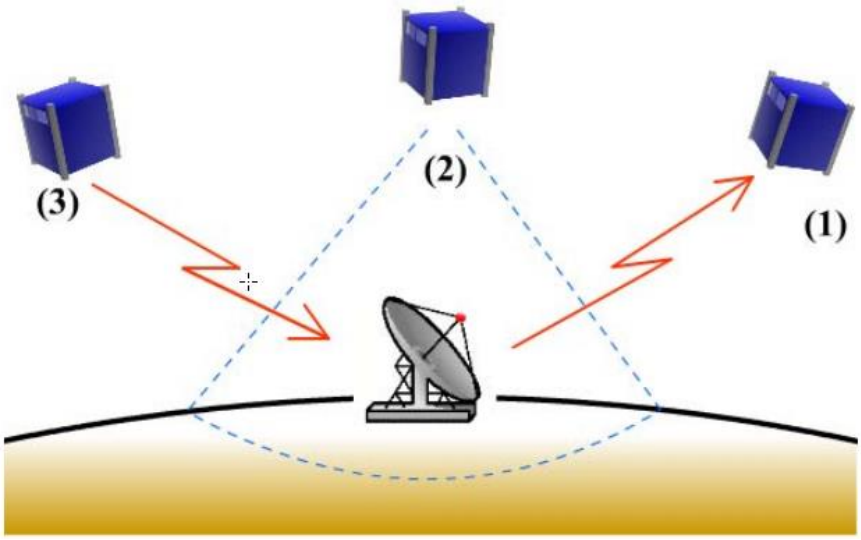


Рисунок 2.1 Режим работы: обычный пользователь

Когда спутник находится в поле зрения наземной станции, пользователь может отправить команду на спутник, чтобы получить изображения(1). На следующем шаге аппарат проверяет достаточность мощности и если да, то командует полезной нагрузке фотографировать Землю(2). Сразу же после того, система связи отправляет полученные изображения пользователю (3).

Взаимодействия с оператором : Для оператора запрос и передача данных осуществляется таким же образом. Кроме того, оператор имеет право отправлять команды, касающиеся бортовых систем и систем управления космическим кораблем, а так же дополнительные команды по визуализации. Запросы от оператора к спутнику записываются в бортовом журнале служебных данных. В журнал записывается информация о работоспособности всех систем спутника, используя полученные данные с различных датчиков. Оператор может отправить команду спутнику, которая содержит информацию о том, в какой момент делать снимок и в каком разделе памяти его сохранять. Таким образом, можно сфотографироваться различные места. Затем оператор может скачать отдельные слоты памяти и опубликовать полученные данные на веб странице.

Аварийный режим.Если по какой-либо причине , важные компоненты космического аппарата не работают должным образом, и тем самым препятствуя работе аппарата в штатном режиме, спутник автоматически отправляет сигналы об аварии на наземную стацию. Система переключается в аварийный режим и посылает периодические маяки. В случае, если проблема устранена, система переключается в штатный режим.

Работа системы **.** Датчик периодически измеряет несоответствие действительных траектории полета и ориентации спутников к заданной, и вводит эти данные в компьютер. В случае если спутник слишком сильно отклонился от заданной позиции, система переключается на режим управления и корректирует это отклонение. После завершения корректировки, система возвращается в штатный режим. Аварийный режим включается очень редко, но не во время полетного ресурса аппарата, и его основной целью является ускорить процесс пополнения заряда батареи, посредствам запуска системы с очень пониженным энергопотреблением. Все регулярные функции в этом режиме выключены. Когда проблема решена, например батарея зарядилась, аппарат переходит в штатный режим.

2.4 Запуск и выведение

Надо быть внимательным с самого начала процесса разработки космических аппаратов и до запуска. Основная причина этого в том, что запуск создает сильные механические нагрузки на космический корабль. Кроме того, спутник надо разработать таким образом, чтобы он не мешал запуску ракеты или другим спутникам. В этом разделе рассматриваются возможные варианты запуска ракет и описывается ракет носитель для CubeSat и P -POD.

С самого начала процесса проектирования космического аппарата необходимо принимать во внимание его запуск. Основная причина этого заключается в том, что при запуске создаются сильные механические нагрузки на микроспутник. Кроме того, спутник должен быть разработан таким образом, чтобы он не мог влиять на запуск ракеты или других спутников. Предполагаются возможный ракетоноситель и контейнер для Cubesat - P-POD.

На рисунке 2.2 изображен ракетоноситель «Днепр». Это пусковая установка, выводящая спутники на солнечно-синхронную орбиту высотой 500-700 км и наклонением 98 градусов [20].

Рисунок 2.2 – Ракета-носитель «Днепр»

P-POD является контейнером для Cubesat. При проектировании спутника необходимо учитывать требования от поставщика P-POD. Общие рекомендации по микроспутнику заключаются в следующем:

- микроспутник не должен представлять никакой опасности для соседних спутников в P-POD или для основной полезной нагрузки, а это означает, что все составные части в во время запуска должны быть прикреплены.

Требования при запуске, выбросе и эксплуатации:

-не должен создаваться дополнительный космический мусор;

-во время интеграции и запуска все спутники должны быть выключены, чтобы предотвратить электрические или радиочастотные помехи в работе
ракеты-носителя и основной полезной нагрузки;

-недопустимость использования абсолютно никакой пиротехники в микроспутнике.

P-POD выбрасывает Cubesat на орбиту со скоростью не более 0.3 м/с. Окончательная проверка спецификаций будет проводиться до старта.

Рисунок 2.3– Последовательность отделения основной полезной нагрузки, P-POD и Cubesat.

2.5 Полезный груз

В качестве полезного груза будет использована камера. Хоть она и не несет за собой глубокого научного интереса, она охватывает несколько аспектов, которые легли в основу этого выбора. Во-первых, камера предоставляет данные которые легко понять. Поэтому облегчает обнаружение неисправностей при сборе и передаче данных. Во-вторых камера задействует все подсистемы аппарат и существенно изменит конструкцию аппарата. Это все несет в себе большой образовательный опыт.

Анализ требований.Разработка объектива нуждается в высокой точности сборки и большого количества времени. Также мы не хотим зависеть от внешнего производителя, который мог бы разработать решение для нас. Для спутника «Cubesat» можно использовать КМОП(комплементарная структура металл-оксид-полупроводник) камеры из-за его очень низкого энергопотребление по сравнению с ПЗС. ПЗС и КМОП чипы состоят из двумерного массива из очень маленьких светочувствительных датчиков также известный как датчик элементов. Количество света, падающего на каждый из этих элементов, создает небольшую плату, которая пропорциональна энергии света. Рассмотрим разницу между этими двумя типами датчиков. ПЗС - чип передает заряд каждого пикселя последовательно на общую структуру, которая преобразует заряд в напряжение, накапливает его и посылает на внешние кристаллы. В КМОП преобразования заряда в напряжение происходит в каждом пикселе, что делает ее более компактной и простой в обращении. Выход цифрового сигнала обычно составляется 8 бит на пиксел. Этот сигнал может затем быть сохранен в памяти или передан на землю. Основным недостатком КМОП по

сравнению с ПЗС является разрешение. Это можно улучшить в будущем, так как технология движется в сторону достижения тех же возможностей, что и ПЗС матрицы. Мы хотим получить цветное изображение с камеры. Каждый пиксель будет передавать нам 8-битную информацию о его освещении, которая является серой по шкале от черного к белому, мы должны реализовать некоторые методы, чтобы отфильтровать информацию о цвете. Это может быть сделано при помощи использования несколько чипов для различных длин волн или путем добавления фильтра для каждого отдельного пикселя. Функциональность использования одного чипа существенно мала по сравнению с использованием нескольких (по крайней мере 4х) чипов. Чип должен работать в видимом диапазоне света электромагнитного спектра, длина волны которой достигает от 0,45 мкм 0,7 мкм. Размер изображения должен быть VGA стандартный размер , то есть 640х480 пикселей. В следующей таблице приведены требования, предъявляемые камере:

Т а б л и ц а 2.1 - Характеристики фотоаппарата

Масса	<50гр
Потребляемая мощность в активном состоянии	<500 мВатт
Потребляемая мощность в пассивном состоянии	<10 мВатт
Габариты	<40х40х20 мм
Разрешение матрицы	Цветная VGA (640х480)
Крепление	Неподвижное крепление (зафиксирована на корпусе аппарата)

Сенсорный чип

C3188A - это цветная камера с размером матрицы 1/3" и цифровым выходом. Она использует сенсор CMOS OmniVision OV7620. Сочетание технологий КМОП вместе с простым интерфейсом делает C3188A недорогим решением для выского качества изображения. Цифровой порт может обеспечить непрерывный поток 8/16 битный поток информации. Все функции камеры, такие как экспозиция, гамма, баланс белого и т.д. программируются через интерфейс I²C. Размеры платы составляют 40х28 мм.

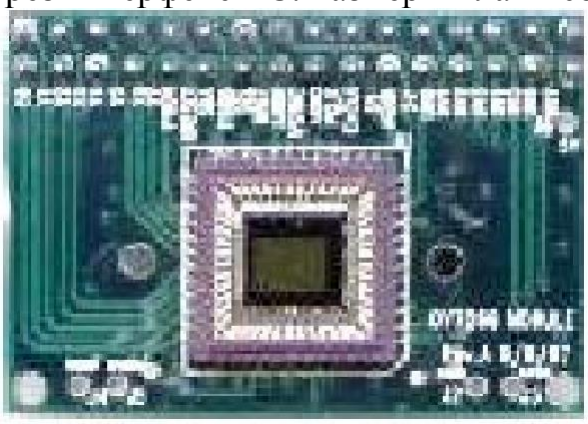


Рисунок 2.4 Модуль C3188A

Важным параметром цифровых камер является удобство интерфейса. По сути, это вся система захвата изображения в одной микросхеме. Поскольку они имеют внутренний AEC с разрядностью 1:260, и ACG на 24дБ, камера, для большинства приложений, может сама приспособиться к условиям освещенности.

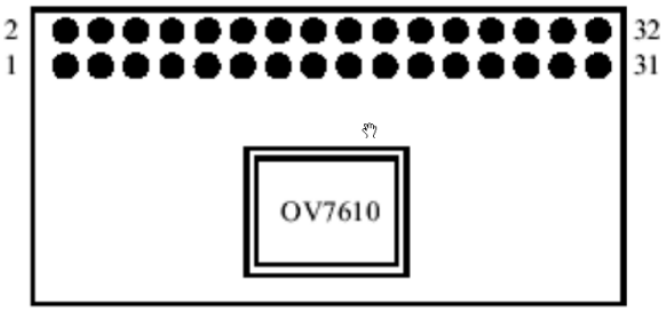


Рисунок 2.5 Интерфейс для камеры

Оптическая система

Существует тесная связь между выбором чипа датчика и выбор объектива. Диаметр линзы определяет количество света, попадающего на выбранный тип матрицы. Тем не менее, выбор датчика не критичен для выбора диаметра линзы, так как чувствительность датчика может быть скорректирована в соответствии с условиями среды. Японская команда "XI" рекомендовала нам вставить фильтр нейтральной плотности, потому что они испытали его в среде, яркость которой в три раза выше яркости на орбите, они установили время экспозиции для получения хорошего изображения. Установка дополнительного фильтра позволило бы скорректировать некоторые отклонения времени экспозиции. Кроме того, они сказали, что угол обзора ISABOUT равен 30 °, и дает изображение площадью около 350x350км с высоты опорной орбиты, когда направлен по оси в Надир.

Рисунок 2.6 - плата для камеры

Формат данных

Данные с камеры представлены в виде массива байтов, в сумме 640x480 байт для VGA изображения. Для уменьшения времени передачи данных чип камеры может выводить изображения разрешением QVGA. В этом режиме два раза сокращается количество задействованных пикселей. Значение по умолчанию разрешение составляет 320x240 и может быть изменено. Каждая строка выводит только одну половину данных. Цифровой порт видео также предлагает необработанные RGB данные в 16 бит / 8 бит форматах.

3 ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ

3.1 Общие сведения о радиопередающих устройствах

Радиопередающими устройствами (более кратко – радиопередатчиками) именуются радиотехнические аппараты, служащие для генерирования, усиления по мощности и модуляции высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний, подводимых к антенне и излучаемых в пространство.

Три функции – генерация, усиление и модуляция – объединяются единым понятием: формирование сигнала, под которым понимают колебание, несущее информацию. Таковой электромагнитный сигнал, излученный в пространство, называется радиосигналом. Третья из названных функций – модуляция – есть процесс наложения начального сообщения (к примеру, речи или же телевизионного изображения) на ВЧ либо СВЧ колебания.

В научно-техническом плане радиопередающие устройства представляют собой сборки интегральных микросхем, транзисторов, диодов, электровакуумных устройств, конденсаторов, трансформаторов и многих других составляющих, соединённых друг от друга согласно определённой электрической схеме. Более совершенные сборки полностью состоят из полупроводниковых гибридных и интегральных микросхем.

Радиопередатчики служат для передачи информации в масштабах определённой электронной системы. К их числу относятся следующие системы: звукового и телевизионного радиовещания; радиосвязи при помощи наземных средств, а именно, сотовая радиосвязь; глобальные космические радиосвязи, телевизионного радиовещания и радионавигации;

радиоуправления и радиотелеметрического контролирования разнообразными объектами; радиолокационные, дальнего и ближнего радиуса действия. Исходя из назначения радиоэлектронной системы пускают в ход тот или иной вид радиопередатчика: ламповый или же полупроводниковый, ВЧ либо СВЧ диапазона, небольшой или же повышенной мощности, работающий в постоянном или импульсном режиме.Определим место радиопередатчика в составе радиоэлектронной системы, которая в общем может быть представлена в виде своего рода пирамиды. Нижний уровень «пирамиды» составляет элементная база, включающая транзисторы, диоды, конденсаторы, интегральные микросхемы и десятки других наименований. Из них составляются звенья, соединяемые в функционально законченные цепи – каскады, в том числе автогенератор, преобразователь частоты, модулятор, усилитель мощности колебаний, демодулятор, усилители сверхвысокой, высокой, промежуточной и низкой частоты. Следующий уровень – блоки, такие как малошумящие СВЧ усилитель, модем–модулятор и демодулятор сигнала, блок обработки сигнала, блок усиления мощности ВЧ или же СВЧ колебаний, линейный тракт радиоприёмника, антенно-фидерный тракт и другие.

Ещё наиболее высочайший «этаж» пирамиды включает в себя функционально законченные устройства – радиоприёмники, радиостанции, радиолокаторы, телевизоры, которые работают без помощи других в составе различных радиотехнических систем. Именно на данном уровне рассматриваемой «пирамиды» и располагаются радиопередающие устройства.

В случае применения в устройствах только интегральных микросхем три нижних уровня объединяются в один.

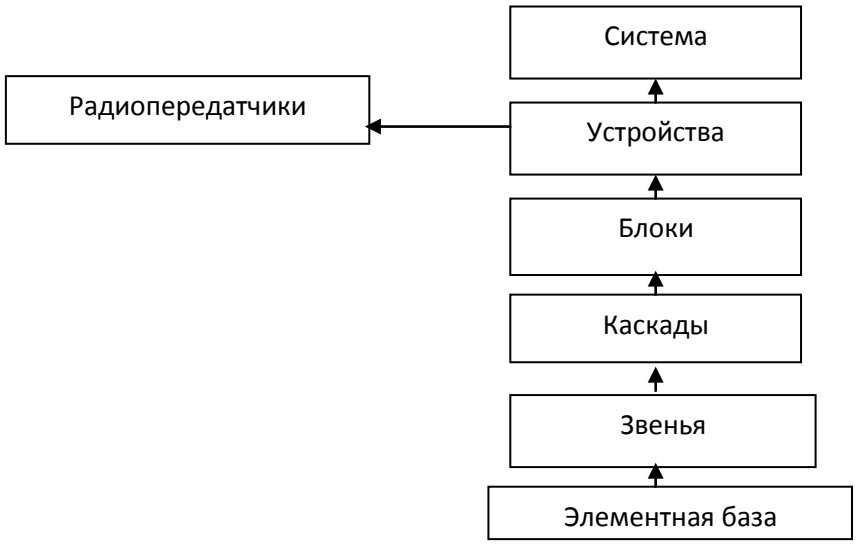


Рисунок 3.1 – Пирамида радиоэлектронной аппаратуры

3.2 Расчет передатчика

Радиопередатчик состоит из двух комплектов, мощности которых суммируются при помощи мостового прибора. В предшествующих ВЧ широкополосных каскадах, не требующих перестройки при изменении частоты возбудителя, традиционно используют мощные транзисторы. В выходном ВЧ усилителе мощности применяется несколько мощных генераторных ламп, суммируемых по параллельной или же двухтактной схеме. В выходном каскаде и согласующем приборе с антенной при изменении частоты возбудителя осуществляется автоматическая настройка контуров. Блок питания, выполняемый на тиристорах, обеспечивает требуемыми напряжениями все ламповые и транзисторные каскады. В радиопередатчике при помощи специальных датчиков осуществляется автоматический контроль нормальной работы всех его каскадов и звеньев и безотлагательной сигнализации в случае нарушения штатного режима. В возбудителе используется синтезатор, создающий сетку частот с необходимым шагом.Итак, основная масса издаваемых сегодня радиопередатчиков самого различного назначения являются транзисторными. Но, как в ВЧ, но и СВЧ диапазонах при повышенной мощности излучения как и прежде обретают применение и ламповые радиопередающие устройства.

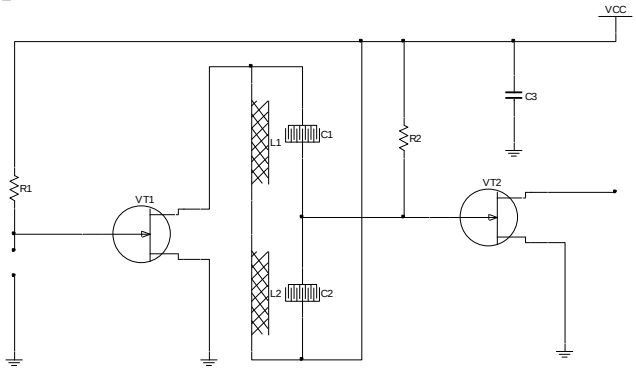


Рисунок 3.2 -Принципиальная схема ВЧ генератора с внешним возбуждением.

Применим транзистор VT1, VT2 – КТ930А с параметрами:
Рабочая частота *f*=14 ГГц
Выходная мощность p_1=10 Вт
Импульсное (пиковое) значение коллекторного тока 8,5 А
Постоянная составляющая коллекторного тока в непрерывном режиме 3,3А
Пиковое значение напряжения коллектор – эмиттер и коллектор – база 36 А
Мощность p_k, рассеиваемая коллектором 25 Вт

Угол отсечки 90^0, для которого $\alpha_0(\theta)=0{,}318$; $\alpha_1(\theta)=0{,}5$; $g(\theta)=1{,}57$
Крутизна линии граничного режима $s_{гр}$=2А/В или $r_{нас}=1/s_{гр}=0{,}5$ Ом
Напряжение отсечки $E_Б^{'}$=0,7 В
$E_к$ = 15В
Сопротивление базы $r_б$ = 1 Ом, сопротивление $r_{ст}$ = 0,5 Ом

3.2.1 Расчёт коллекторной цепи генератора

Коэффициент использования коллекторного напряжения:

$$\xi_{гр} = 0.5 + 0.5\sqrt{1 - \frac{8P_1 r_{нас}}{\alpha_1 E_к^2}} = 0{,}901,\ \text{А} \qquad (3.1)$$

Амплитуда коллекторного ВЧ напряжения:

$$U_{Km} = \xi_{гр} E_K = 13{,}521,\ \text{В} \qquad (3.2)$$

Пиковое значение напряжения коллектор – эмиттер:

$$U_{Kпи} = E_K + U_{Km} = 28{,}521,\ \text{В} \qquad (3.3)$$

Амплитуда первой гармоники коллекторного тока:

$$I_{K1} = 2P_1 / U_{Km} = 1{,}479,\ \text{А} \qquad (3.4)$$

Амплитуда импульса коллекторного тока:

$$I_{Km} = I_{K1} / \alpha_1 = 2{,}958,\ \text{А} \qquad (3.5)$$

Постоянная составляющая коллекторного тока:

$$I_{K0} = \alpha_0 I_{Km} = 0{,}942,\ \text{А} \qquad (3.6)$$

Мощность, потребляемая по коллекторной цепи:

$$P_0 = I_{K0} E_K = 14{,}125\ \text{Вт} \qquad (3.7)$$

Мощность, рассеиваемая коллектором:

$$P_K = P_0 - P_1 = 4{,}125\ \text{Вт} \qquad (3.8)$$

Кпд:

$$\eta = P_1 / P_0 = 0{,}708 = 70{,}8\ \% \qquad (3.9)$$

Сопротивление нагруженной коллекторной цепи:

$$R_1 = U_{Km} / I_{K1} = 9{,}141,\ \text{Ом} \qquad (3.11)$$

3.2.2 Расчёт цепи базы

Коэффициент усиления транзистора по мощности:

$$K_p = \frac{R_1}{r_Б + r_{Ст}} \left(\frac{f_{гр}}{f} \right)^2 = 5{,}878 \qquad (3.12)$$

Мощность входного сигнала:

$$P_{вх} = P_1 / K_P = 1{,}701, \text{ Вт} \qquad (3.13)$$

Первая гармоника тока базы:

$$I_{Б1} = I_{К1} / |\beta| = 1{,}315 \text{ А} \qquad (3.14)$$

Амплитуда входного ВЧ напряжения база – эмиттер:

$$U_{БЭт} = 2P_{вх1} / I_{Б1} = 2{,}587, \text{ В} \qquad (3.15)$$

Напряжение смещения:

$$E_Б = E_Б^{'} - U_{БЭт} \cos\Theta = 0{,}7, \text{ В} \qquad (3.16)$$

Входное сопротивление по 1-й гармонике сигнала:

$$R_{вх} = U_{БЭт} / I_{Б1} = 1{,}96, \text{ Ом} \qquad (3.17)$$

3.2.3 Входная и выходная согласующие электрические цепи в узкополосных ВЧ транзисторных генераторах.

Одна из наиболее часто применяемых входных согласующих цепей в ВЧ транзисторных генераторах приведена на рисунке 2.3.

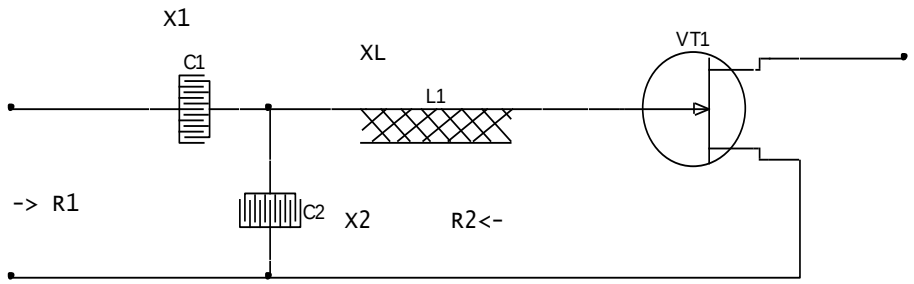


Рисунок 2.3 - Входная согласующая цепь в ВЧ транзисторном генераторе

Параметры схемы на рисунке 2.3 при известном входном активном сопротивлении транзистора r_2 и требуемом сопротивлении на входе согласующей цепи $r_1 > r_2$ можно рассчитать по следующим формулам:

$$X_L = \sqrt{R_1 R_2} \qquad (3.18)$$

$$X_1 = \sqrt{R_1 R_2} \qquad (3.19)$$

$$X_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 - R_2} \sqrt{R_1 R_2}, \qquad (3.20)$$

Где $r_1 > r_2$

Определив реактивные сопротивления, найдём значение индуктивности и емкостей:

$$L = X_L / \omega;\ C_1 = 1 / \omega X_1;\ C_2 = 1 / \omega X_2, \qquad (3.21)$$

Где ω – частота сигнала генератора.

3.2.4 Расчёт входной согласующей цепи

R_1=50 Ом, r_2=2 Ом, f=14 ГГц

$$L = \frac{X_L 10^3}{2\pi F} = 11{,}3,\ \text{нГн} \qquad (3.23)$$

$$X_1 = \sqrt{R_1 R_2} = 10,\ \text{Ом} \qquad (3.24)$$

$$C_1 = \frac{10^6}{2\pi F X_1} = 11{,}3,\ \text{пФ} \qquad (3.25)$$

$$X_2 = \frac{(R_1 + R_2)\sqrt{R_1 R_2}}{(R_1 - R_2)} = 10{,}8,\ \text{Ом} \qquad (3.26)$$

$$C_2 = \frac{10^6}{2\pi F X_2} = 10{,}5,\ \text{пФ} \qquad (3.27)$$

В качестве выходной согласующей цепи в ВЧ транзисторных генераторах наиболее часто используется П-образный фильтр, схема которого приведена на рисунке 3.4

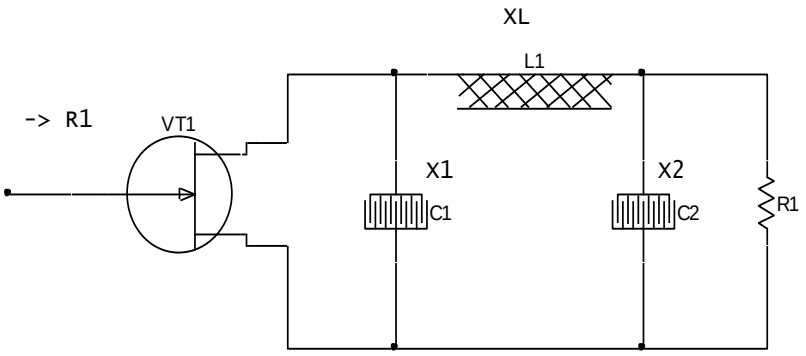


Рисунок 3.4 - Выходная согласующая цепь в ВЧ транзисторном генераторе

Сопротивления реактивных элементов в схеме рассчитываются по формуле:

$$X_1 = X_2 = X_L = \sqrt{R_1 R_2} \qquad (3.28)$$

3.2.5 Расчёт выходной согласующей цепи.

R_1=5 Ом, r_2=50 Ом, f=14 ГГц.

$$X = \sqrt{R_1 R_2} = 15{,}8,\ \text{Ом} \tag{3.29}$$

$$L = \frac{X\ 10^3}{2\pi F} = 1{,}8,\ \text{нГн} \tag{3.30}$$

$$C_1 = \frac{10^6}{2\pi F X} = 11{,}3,\ \text{пФ} \tag{3.31}$$

$$C_2 = \frac{10^6}{2\pi F X} = 11{,}3,\ \text{пФ} \tag{3.32}$$

3.3 Расчёт предоконечного выходного каскада

Расчёт схемы

Примем транзисторы VT1 и VT2 – КТ943А с параметрами:

$U_{э\max} = 4$ В; $E_n = 45$ В; $f_t = 14\ ГГц$; $f_B = 70$ МГц; $I_{к\max} = 2$ А; $S_{гр} = 12$ А/В; $P_{к\,расс\max} = 25$ Вт; $C_э = 0{,}01$ мкФ; $C_к = 5{,}5$ пФ; $L_э = 1{,}5$ мГн; $L_б = 2{,}4$ мГн; $\alpha_0 = 0{,}218$

Схема предоконечного выходного каскада представлена на рисунке 3.5.

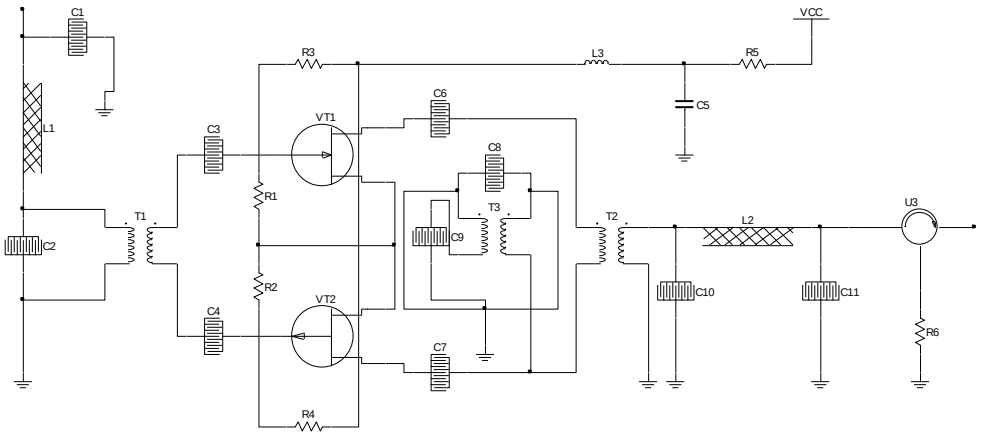


Рисунок 3.5 - Принципиальная схема предоконечного каскада передатчика

Расчёт схемы

Примем транзисторы VT1 и VT2 – КТ943А с параметрами:

$U_{э\max} = 4$ В; $E_n = 45$ В; $f_t = 14\ ГГц$; $f_B = 70$ МГц; $I_{к\max} = 2$ А; $S_{гр} = 12$ А/В; $P_{к\,расс\max} = 25$ Вт; $C_э = 0{,}01$ мкФ; $C_к = 5{,}5$ пФ; $L_э = 1{,}5$ мГн; $L_б = 2{,}4$ мГн; $\alpha_0 = 0{,}218$

Так как выходные каскады передатчика работают в режиме В, то $\theta = 90^\circ$.

$$\xi_{гр} = 1 - \frac{I_{к\max}}{S_{гр} E_n} = 1 - \frac{2}{12 \cdot 45} = 0{,}996, \quad (3.33)$$

$$U_{к1} = \xi_{гр} E_n = 0{,}996 \cdot 45 = 44{,}8, \text{ В}, \quad (3.34)$$

$$I_{к1} = \alpha_1(\theta) \cdot I_{к\max} = 1, \text{ А}, \quad (3.35)$$

$$I_{к0} = \alpha_{01}(\theta) \cdot I_{к\max} = 638, \text{мА}, \quad (3.36)$$

$$P_1 = U_{к1} I_{к1} / 2 = 44{,}8 \cdot 1 / 2 = 22{,}4, \text{Вт}, \quad (3.37)$$

$$P_0 = I_{к1} E_n = 0{,}638 \cdot 45 = 28{,}7, \text{ Вт}, \quad (3.38)$$

$$R_{расс} = P_0 - P_1 = 28{,}7 - 22{,}4 = 6{,}3 \text{ Вт} < P_{к\max} = 6{,}5, \text{Вт}, \quad (3.39)$$

$$\eta_1 = P_1 / P_0 = 22{,}4 / 28{,}7 = 0{,}78 \quad (3.40)$$

$$Q_{y1} = I_{к\max} / (\omega_t (1 - \cos\theta)) = 0{,}21 \cdot 10^{-11}, \text{Кл}, \quad (3.41)$$

$$U_{э\min} = U_{отс} - \frac{Q_{y1}}{C_э}(1 - \cos(\pi - \theta)) = -11{,}4, \text{В}, \quad (3.42)$$

$$U_{эпо} = U_{отс} - \gamma_0(\pi - \theta)\frac{Q_{y1}}{C_э} = 0{,}7, \text{В}, \quad (3.43)$$

$$R_к = U_{к1} / I_{к1} = 44{,}8 / 1 = 44{,}8, \text{Ом}, \quad (3.44)$$

$$x = 1 + \gamma_1(\theta)\omega_t C_к P_к = 1 + 0{,}85 \cdot 2\pi \cdot 5{,}5 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12} \cdot 25 = 1{,}73 \quad (3.45)$$

$$I_{б1} = \omega Q_{y1} x = 2\pi \cdot 0{,}21 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}73 = 2{,}39, \text{А}, \quad (3.46)$$

$$R_э = \frac{1}{\omega_B C_э} = \frac{1}{2\pi \cdot 70 \cdot 10^6 \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-6}} = 0{,}22, \text{Ом}, \quad (3.47)$$

$$P'_{вх} = \frac{1}{2}\frac{\gamma_1(\pi - \theta)}{R_э C_э^2} Q_{y1} = 3{,}56, \text{Вт}, \quad (3.48)$$

$$R_{вх} = \gamma_1(\theta) \cdot \omega_t L_э x = 1249{,}55, \text{ Ом}, \quad (3.49)$$

$$P''_{вх} = I_{б1}^2 R_{вх} / 2 = 3{,}77^2 \cdot 0{,}25 / 2 = 3{,}57, \text{ Вт}, \quad (3.50)$$

$$P_{вх} = P'_{вх} + P''_{вх} = 3{,}56 + 3{,}57 = 7{,}13, \text{ Вт}, \quad (3.51)$$

$$K_P = (P_1 + P_{вх}) / P_{вх} = 4{,}14, \quad (3.52)$$

$$L_{вх} = L_б + L_э / x = 2{,}4 + 1{,}5 / 1{,}73 = 2{,}7, \text{ нГн}, \quad (3.53)$$

$$C_{вх} = xC_э / (\gamma_1(\pi - \theta)) = 23, \text{ нФ}, \quad (3.54)$$

$$Z_{вх} = R_{вх} + j(\omega_p L_{вх} + \frac{1}{\omega_p C_{вх}}) = 0{,}25 - j0{,}36, \text{Ом}, \quad (3.55)$$

$$R_{пар} = \gamma_1(\pi - \theta) \cdot R_э = 0{,}318 \cdot 0{,}5 = 0{,}24, \text{Ом}, \quad (3.56)$$

3.5 Расчёт согласующей П – цепочки

Принципиальная схема согласующей П-цепи приведена на рисунке 3.6

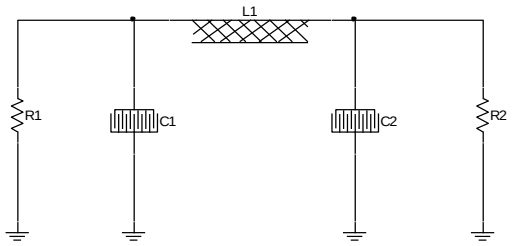


Рисунок 3.6 - Принципиальная схема согласующей П-цепи

Расчёт схемы.

$R_1 = R_к = 44{,}8$, Ом

$R_2 = R_{вх\,сл} = 1249{,}55$, Ом

$$R_0 = R_1 R_2 /(R_1 + R_2) = 43{,}24 \text{ , Ом}, \tag{3.57}$$

$$X_{C1} = X_{C2} = R_1 \Big/ \sqrt{\frac{R_1}{R_0} - 1} = 8{,}5 \text{ , Ом}, \tag{3.58}$$

$$L_{согл1} = L_{согл2} = \frac{1}{\omega X_{C1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14 \cdot 10^9 \cdot 8{,}5} = 1{,}33, \text{нФ}, \tag{3.59}$$

$$L_{согл} = X_L / \omega = \frac{8{,}5}{2\pi \cdot 14 \cdot 10^9} = 9{,}6 \text{ , нГн}, \tag{3.60}$$

$$X_L = R_0 \left(\sqrt{\frac{R_1}{R_0} - 1} + \sqrt{\frac{R_2}{R_0} - 1} \right) = 236{,}6 \text{ , Ом}, \tag{3.61}$$

$Q_L \approx Q_0$,

Где q_0 на высоких частотах =20, В.

$$\eta = 1 \Big/ \left(1 + \frac{X_L}{R_0 Q_L} \right) = 0{,}97, \tag{3.62}$$

$$Q_n = Q_L (1 - \eta) = 200 \cdot (1 - 0{,}97) = 6, \tag{3.63}$$

$$Q_2 = 2^3 \cdot Q_n = 48, = -16{,}8 \text{ , дБ}, \tag{3.64}$$

3.6 Расчёт генератора, управляемого напряжением

Появление варикапа, ёмкость которого меняется в зависимости от изменения приложенного напряжения, сделало возможным практическое применение частотных синтезаторов.Когда в схеме генератора варикап заменяет конденсатор, устройство становиться генератором, управляемым напряжением (ГУН). Варикапы используют для того, чтобы минимизировать гармоники и получить большее изменение ёмкости на один вольт напряжения.

Генератор, управляемый напряжением, - это схема, которая непосредственно генерирует частоту на выходе частотного синтезатора, но при этом остаётся проблема частотной устойчивости. Для того, чтобы её решить, частота и фаза ГУН сравниваются с частотой и фазой высокостабильного кристаллического генератора. Любая разница частоты или фазы между двумя генераторами создаёт напряжение нужного знака, чтобы изменить частоту ГУН для её согласования с кристаллическим генератором.

Хотя стабильность кварцевого генератора передаётся синтезатору, возникает дополнительный шум, близкий к рабочей частоте, и необходима тщательная разработка конструкции устройства, чтобы устранить появляющийся микрофонный эффект.

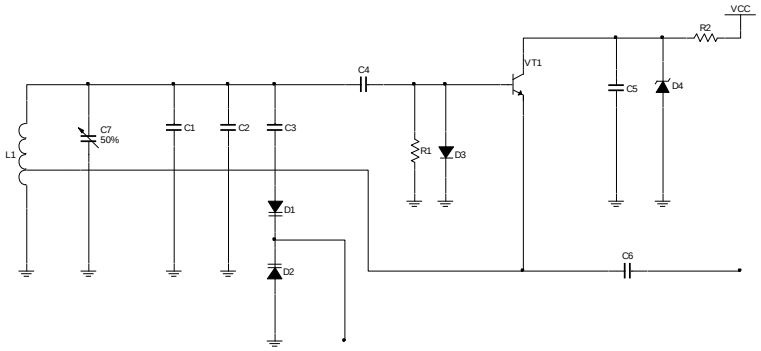


Рисунок 3.7 - Принципиальная схема генератора, управляемого напряжением

Так как $f_p = 70$ МГц, то выбираем транзистор малой мощности ГТ330Д с параметрами: $f_t = 500$МГц; $C_к = 5$ пФ; $C_э = 8$ пФ; $\tau_{ос} = 120$ пс; $U_{отс} = 0{,}6\ B$; $U_{к\,доп} = 15$ В; $I_{к\,доп} = 20$ мА; $U_{б\,доп} = 3$ В; $P_{доп} = 15$ мВт; $S_{гр} = 20$ мА/В; $B = 20$.

2.6.1 Расчет граничных частот

$$f_B = f_t / B = 500 \cdot 10^6 / 20 = 25\ \text{, МГц,} \tag{3.65}$$

$$f_2 = f_t + f_B = 500 \cdot 10^6 + 25 \cdot 10^6 = 525 \cdot 10^6\ \text{, МГц,} \tag{3.66}$$

$$C_{к\,акт} = C_к / 2 = 5/2 = 2{,}5\ \text{, пФ,} \tag{3.67}$$

$$r_б = \tau_{ос} / C_{к\,акт} = 120/2{,}5 = 48\ \text{, Ом,} \tag{3.68}$$

$$R_{кор} = \frac{(3 \div 5) r_б}{B} \sqrt{1 + \left(\frac{f_p}{f_B}\right)^2} = 35{,}6\text{, Ом,} \tag{3.69}$$

$$R_з = 1/2\pi f_t C_э = 1/2\pi \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^{-12} = 62\ \text{, Ом,} \tag{3.70}$$

$$C_{кор} = 1/2\pi f_2 R_{кор} = 29{,}4\text{, нФ,} \tag{3.71}$$

$$R'_{кор} = \frac{R_{кор} R_з}{R_{кор} + R_з} = 22{,}6 \text{ , Ом ,} \tag{3.72}$$

$$S_к = 1/R'_{кор} = 109 \text{ , мА/В ,} \tag{3.73}$$

3.6.2 Расчет электрического режима

Примем

$i_{к\max} = 0{,}8 i_{к\,доп} = 16$, мА

$u_{к0} = 0{,}3 u_{к\,доп} = 4{,}5$, В

$K_{ос} = 1$

$\theta = 60^\circ$

$\alpha_0 = 0{,}218$

$\alpha_1 = 0{,}391$

$\gamma_0 = 0{,}109$

$\cos\theta = 0{,}5$

$$I_{кi} = \alpha_1(\theta) i_{к\max} = 0{,}391 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6{,}3 \text{ , мА ,} \tag{3.74}$$

$C_э$= 8, пФ

$$U^x_{б1} = \frac{i_{к\max}}{S_к (1 - \cos\theta)} = 0{,}32 \text{ , В ,} \tag{3.76}$$

$$U_{кi} = \frac{U^x_{б1}}{K_{ос}} = \frac{0{,}32}{1} = 0{,}32 \text{ , В ,} \tag{3.77}$$

$$R_к = \frac{U_{кi}}{I_{кi}} = \frac{0{,}32}{6{,}3 \cdot 10^{-3}} = 50{,}8 \text{ , Ом ,} \tag{3.78}$$

$$P_1 = U_{кi} I_{кi} / 2 = 0{,}32 \cdot 6{,}3 \cdot 10^{-3} / 2 = 1, \text{мВт ,} \tag{3.79}$$

$$P_0 = I_{к0} U_{к0} = 3{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 4{,}5 = 15{,}8 \text{ , мВт ,} \tag{3.80}$$

$$\eta = P_1 / P_0 = 1/15{,}8 = 0{,}06, \tag{3.81}$$

$$E_{см} = U_{отс} - U^к_{б1} \cos\theta = 0{,}44, \text{В} \tag{3.82}$$

$$\left| E_м - U^к_{б1} \right| = 0{,}12 \cdot U_{б\,доп} = 3 \text{ , В ,} \tag{3.83}$$

$$\xi = \frac{U_{кi}}{U_{к0}} = \frac{0{,}32}{4{,}5} = 0{,}07, \tag{3.84}$$

$$\xi_{гр} = 1 - \frac{i_{к\max}}{S_{гр} U_{к0}} = 1 - \frac{16 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 4{,}5} = 0{,}96, \tag{3.85}$$

$C_К$ = 7 мФ.

3.6.3 Расчет резонатора

Примем $L = 1{,}25$ мкГн, а $\theta_2 = \theta_0$.

$$\rho = \omega_p \alpha = 2\pi f_p \alpha = 2\pi \cdot 70 \cdot 10^6 \cdot 0{,}218 \cdot 10^{-6} = 95{,}8, \text{Ом}, \quad (3.86)$$

$$C_\Sigma = 1/\omega_p \rho = 1/2\pi f_p \rho = 1/2\pi \cdot 70 \cdot 10^6 \cdot 95{,}8 = 10{,}5, \text{нФ}, \quad (3.87)$$

$$R_p = \rho \cdot a_0 = 95{,}8 \cdot 0{,}218 = 20{,}8, \text{кОм}, \quad (3.88)$$

$$p = \sqrt{R_к / R_p} = \sqrt{50{,}8/20{,}8 \cdot 10^3} = 0{,}049, \quad (3.89)$$

$$C_2' = C_\varepsilon / p = 300 \cdot 10^{-12} / 0{,}05 = 6, \text{мФ}, \quad (3.90)$$

$$C_1 = C_2' / K_{ос} = 6 \cdot 10^{-9} / 1 = 6, \text{мФ}, \quad (3.91)$$

$$C_3 = \left(\frac{1}{C_\Sigma} - \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2'} \right) = 330, \text{пФ}, \quad (3.92)$$

Примем

$R_н' \approx 3R_к = 150$, Ом

$$Q = \sqrt{R_н' / R_н - 1} = 1 \quad (3.93)$$

$$C_{св} = \frac{1}{\omega R_н Q} = 260, \text{пФ}. \quad (3.94)$$

$$C_{св}' = \frac{C_{св}}{1 + Q^2} = 130, \text{пФ} \quad (3.95)$$

$$C_2 = C_2' - C_{св} = 3{,}4, \text{пФ} \quad (3.96)$$

3.6.4 Расчет цепи связи

$$U_б = E_{см} + \frac{3I_{к0}}{S^к} \left(1 + \frac{\cos\theta}{\gamma_0(\theta)} \right) = 1, \text{В}, \quad (3.97)$$

$$R_{ист} = \frac{3B}{4S^к} \left(1 + \frac{\cos\theta}{\gamma_0(\theta)} \right) = 800, \text{Ом}, \quad (3.98)$$

$$\left(\frac{C_\Sigma}{C_1} \right)^2 R_p = 51{,}9 < R_{ист} = 800, \quad (3.99)$$

$$R_{см} = \frac{3R_{ист}}{B} = 120, \text{Ом}, \quad (3.100)$$

$$R_1 = \frac{R_{ист} - R_{к0}}{U_б} = \frac{800 - 4{,}5}{1} = 3{,}6, \text{кОм}, \quad (3.101)$$

$$R_2 = \frac{R_1 U_б}{U_{к0} - U_б} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \cdot 1}{4{,}5 - 1} = 1, \text{кОм}, \quad (3.102)$$

$$C_б = 10/(\omega R_{см}) = 10/(2\pi f R_{см}) = 2{,}8, \text{пФ}, \quad (3.103)$$

3.6.5 Расчет цепи питания

$R_{бп} = 5R_к = 5 \cdot 50 = 250$,Ом.

$C_{бп} = 10/\omega_p = 2{,}2$,мкФ.

$$E_п = U_{к0} + I_{к0}R_{бп} = 5{,}4 \text{ ,В}. \quad (3.104)$$

3.6.6 Определение параметров варикапа Гунна

Выбираем варикап КВ104Е с параметрами:

$C_{в0} = 100$,$nФ$

$C_{в0} = 100$,пФ

$U_B = 4$,В

$Q/f = 15$,МГц

$U_{доп} = 4{,}5$,В

$P_{доп} = 100$,мВт

$v = 1/2$

Примем относительную девиацию частоты при заданной нестабильности несущей $\Delta f = 100$ МГц, $\Delta f / f_p = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$, коэффициент гармоник $k = 0{,}01$, $E_п = 5{,}4$ В, следовательно $U_{в0} = 5$ В.

$$U'_\Omega = \frac{4}{v+1} \cdot R_2 = \frac{4}{0{,}5+1} \cdot 0{,}01 = 0{,}03, \text{В} \quad (3.105)$$

$$U_\Omega = U'_\Omega (U_{в0} + \varphi_к) = 0{,}15 \text{ ,В} \quad (3.106)$$

$$\frac{\Delta C_в}{C_{в0}} = \frac{4v}{v+1} \cdot R_2 = \frac{4 \cdot 0{,}5}{0{,}5+1} \cdot 0{,}01 = 0{,}01, \quad (3.107)$$

$$k_B = \frac{2\Delta f / f_B}{\Delta C_в / C_{в0}} = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5}}{0{,}01} = 0{,}0024, \quad (3.108)$$

$$P_B = \sqrt{\frac{k_B C_\Sigma}{C_{в0}}} = \sqrt{\frac{0{,}0024 \cdot 300 \cdot 10^{-12}}{100 \cdot 10^{-12}}} = 0{,}08 \text{ ,} \quad (3.109)$$

$$U_{B1} = P_B U_{к1} / P = 0{,}34 \text{ ,В}, \quad (3.110)$$

$$C_{св} = \frac{U_{B1} C}{U_{б1} U_{B1}} = 0{,}5 \cdot 100 \cdot 10^{-12} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ ,Ф}, \quad (3.111)$$

$$E_п = \frac{R_{2B}}{R_{1B} + R_{2B}} = 5 \text{ ,В}, \quad (3.112)$$

$$\frac{R_{1B} R_{2B}}{R_{1B} + R_{2B}} << \frac{1}{\Omega_{\max} C_{зо}}, \quad (3.113)$$

Отсюда следует, что $R_{2B} = 3{,}6 R_{1B}$.

Примем $R_{1B} = 5{,}6$ кОм, тогда $R_{2B} = 20$ кОм.

3.6.7 Расчет буферного каскада

Выбираем транзистор ГТ330Д с параметрами:

$f_t = 500$ МГц

$f_B = 70$ МГц

$\tau_{ос} = 120$ пс

$C_э = 8$ пФ

$C_к = 5$ мФ

$P_{рассдоп} = 15$ мВт

$I_{кдоп} = 20$ мА

$U_{отс} = 0{,}6$ В

$E_п = 15$ В

Данный каскад работает в режиме а с параметрами $\theta = 180^\circ$; $f_{\max} = 70$ МГц; $U_{б1}^{к} = 0{,}5$ В.

$$\tau_L = \frac{1}{2\pi(f_t + f_B)} = \frac{1}{2\pi(500+70)\cdot 10^6} = 2{,}79 \text{ , нс ,} \tag{3.114}$$

$C_{к0} \approx 0{,}3C_к = 1{,}5$, пФ ,

$$r_б = \frac{\tau_{ос}}{C_{к0}} = \frac{120\cdot 10^{-12}}{1{,}5\cdot 10^{-12}} = 80 \text{ , Ом ,} \tag{3.115}$$

$$R_э = \frac{\tau_L}{C_э} = \frac{2{,}79\cdot 10^{-9}}{10\cdot 10^{-12}} = 279 \text{ , Ом ,} \tag{3.116}$$

Сопротивление коррекции

$$R_{кор} = \frac{5r_б(1+(f_{\max}/f_B)^2)}{1+8} = 2312, \text{Ом .} \tag{3.117}$$

$$R'_{кор} = \frac{R_{кор}R_э}{R_{кор}+R_э} = \frac{2312\cdot 279}{2312+279} = 248{,}9 \text{ , Ом ,} \tag{3.118}$$

Корректирующая мощность

$$C_{кор} = \frac{\tau_L}{R_{кор}} = \frac{2{,}79\cdot 10^{-9}}{2312} = 12 \text{ , пФ ,} \tag{3.119}$$

$$S_к = \frac{1}{R'_{кор}} = \frac{1}{249} = 40, \text{мА/В ,} \tag{3.120}$$

Амплитуда первой гармоники

$$I_{к1} = \gamma_1(\theta)S_к v_{б1}^{к} = 23 \text{ , мА ,} \tag{3.121}$$

Постоянная составляющая коллекторного тока

$$I_{к0} = \gamma_0(\theta)S_к v_{б1}^{к} = 23 \text{ , мА .} \tag{3.122}$$

Максимальная величина коллекторного тока

$$I_{к\max} = S_к v_{б1}^к (1-\cos\theta) = 45\text{, мА} \quad (3.123)$$

Коэффициент использования

$$\xi_{гр} = 1 - \frac{I_{к\max}}{S_{гр}E_n} = 1 - \frac{45\cdot 10^{-3}}{45\cdot 10^3 \cdot 12} = 0{,}917 \quad (3.124)$$

Амплитуда первой гармоники напряжения на коллекторе

$$U_{к1} = E_n \xi_{гр} = 12\cdot 0{,}917 = 11\text{, В}, \quad (3.125)$$

$$R_к = \frac{U_{к1}}{I_{к1}} = \frac{11}{23\cdot 10^{-3}} = 486{,}7\text{, Ом}, \quad (3.126)$$

Колебательная мощность

$$P_1 = 0{,}5 I_{к1} U_{к1} = 0{,}5\cdot 23\cdot 10^{-3}\cdot 11 = 0{,}124\text{, Вт}, \quad (3.127)$$

Мощность, потребляемая от источника коллекторного питания

$$P_0 = E_n I_{к0} = 12\cdot 23\cdot 10^{-3} = 0{,}271\text{, Вт}, \quad (3.128)$$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе

$$P_{расс} = P_0 - P_1 = 0{,}271 - 0{,}124 = 0{,}147\text{, мВт}, \quad (3.129)$$

Кпд коллекторной цепи

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} = \frac{0{,}124}{0{,}271} = 0{,}458, \quad (3.130)$$

Напряжение смещения

$E_{см} = U_{отс} = 0{,}6$, В,

$$U_{отс} = E_n \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (3.131)$$

$R_1 = 16{,}14 R_2$, следовательно $R_1 = 645{,}5$, кОм, $R_2 = 40$, кОм.

Блокированный конденсатор

$$C_{бл} = \frac{1}{\omega\cdot 0{,}1 R_к} = 4{,}6\cdot 10^{-5}\text{, Ф}, \quad (3.132)$$

Блокированная емкость

$$L_{бл} = 2C_{бл}(0{,}1R_к)^2 = 21\text{, мкГн}. \quad (3.133)$$

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Целью дипломной работы является разработка системы навигации с использованием геостационарных спутников связи с передачей сигналов о ЧС. Система представляет собой земную станцию, совмещенную с центром системного администрирования (операторская).

4.1 Экологические характеристики

Антенна является источником ЭМП. Для того чтобы система должна соответствовать правилам ЭМП на человека. Источники электромагнитных полей характеризуются следующими параметрами: частота излучения F, Гц;

электрический E, В / м и магнитное H, А / м поля; плотность потока энергии в Вт/м2 (мВт/см2), интенсивность режиме радиационного облучения (непрерывный или периодический).
В ходе инженера занятости обслуживающего система подвергается вредного воздействия электромагнитных полей. Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека определяется: длины волны интенсивности излучения, режим экспозиции (непрерывно или прерывисто), длительности воздействия, размер открытой поверхности тела, от индивидуальных особенностей человека , вместе с совместным действием других факторов производственной среды (повышенная температура окружающей среды, с более чем 28, наличие рентгеновского излучения, шума, и т.д.).
Электромагнитные поля имеют тепловой эффект, привести к структурным и функциональным изменениям в организме человека.
При воздействии электромагнитных полей на энергетическом поле человека поглощается тканями человеческого тела. При длине волны соизмеримой с размерами человеческого тела, отдельных органов, образующих стоячую волну в живом организме, что приводит к концентрации тепловой энергии. Тепловой эффект характеризуется лихорадкой, местного избирательного нагрева тканей и органов и клеток. Поскольку переход электромагнитной энергии в тепловую энергию за счет диэлектрических потерь в них возрастает с частотой колебаний тканей. Избыточное тепло удаляется до некоторой степени за счет увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. Однако, начиная с некоторого значения (в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц) 10 мВт / см ² называемый тепловой порог, организм может не справиться с отводом тепла и тела температура поднимается.
Особенно опасно для нагревательных элементов со слабыми регуляторов (мозга, глаз, линзы, кишечные органы).
Длительное воздействие радиочастотных электромагнитных полей netermogennyh интенсивности (но выше максимально допустимого) вызывает расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, пищеварения и некоторых биохимических показателей крови, а также проявление этих нарушений выражается разными знаками. В ранних стадиях импакт-фактора характерны жалобы на головную боль, усталость, раздражительность, бессонница, боли в области сердца. В будущем, существует растущая раздражительность, потеря памяти, головные боли формы атаки, обмороки, сжимая боли в области сердца. На момент нападения наблюдаемых тремор, бледность или покраснение лица, сильная слабость, лихорадка, повышение артериального давления.
Электромагнитные поля изменяют ориентацию клеток или цепочек молекул в соответствии с направлением силовых линий ослабить биохимическую активность белковых молекул, что приводит к изменениям в структуре клеток крови, ее состава, эндокринной системы, вызывают помутнение глаз линзы (катаракта), трофические нарушения (выпадение волос, ломкие ногтей и др.), ожоги, некроз ткани тела. Короче обеспечение тепловой эффект ЭМП

приводит к структурным и функциональным изменениям в организме человека.

4.1.1 Защита от электромагнитных помех антенны

Основные компоненты, рассматриваемые в диссертации проекта земной станции, определение характеристик электромагнитного излучения являются передатчик и антенна. Передатчик поставляет выходную мощность P = 26,73 Вт на частоте F = 14347 ГГц (длина волны λ = 0021 м), для используемого излучения параболической антенны диаметром D = 6 м, имея прирост частоты передачи G = 56,7 дБ = 470700 раз.

Степень и характер воздействия электромагнитных полей на организм человека определяется: интенсивности излучения длиной волны, облучения режима (непрерывный, прерывистый), продолжительности воздействия, размер облученной поверхности. Электромагнитное поле (ЭМП) имеет тепловой эффект, приводит к структурным и функциональным изменениям в организме человека.

При воздействии ЭМП на энергетическое поле человека поглощается тканями человеческого тела. Когда длина волны соизмерима с размером человеческого тела или отдельный орган, стоячие волны образуются в живом организме, что приводит к концентрации тепловой энергии. Тепловой эффект характеризуется повышением температуры человеческого тела, селективный локального нагрева ткани, а также отдельных органов и клеток. Особенно опасно для нагрева тела со слабыми регулирующими органами. ЭДС изменяет ориентацию клеток или цепей молекул в соответствии с направлением силовых линий, уменьшает биохимической активности белковых молекул изменяет структуру клеток крови.

Для оценки влияния на персонал и ЭДС генерируется антенны принятия решений о необходимых мерах по защите от уровней ЭМП необходимо рассчитать плотность потока энергии (ПФО) антенны.

Пространство вокруг источника ЭМП условно делится на 3 зоны: ближнюю, промежуточную и дальнюю. Максимальную протяжённость ближней зоны, в направлении максимального излучения, рассчитываю по формуле [12]:

$$R_{Б.З.} \leq \frac{D^2}{4\lambda}, \qquad (4.15)$$

где D–диаметр антенны, м;

λ–длина волны излучения, м.

Максимальная протяжённость ближней зоны, в направлении максимального излучения, составляет:

$$R_{Б.З.} \leq \frac{6^2}{4 \cdot 0{,}021} = 428{,}6, \text{ м.}$$

Дальняя зона, в направлении максимального излучения, находится на расстоянии, которое определяю по формуле [12]:

$R_{Д.З.} \geq \frac{D^2}{\lambda}$. (4.16)

Расстояние до дальней зоны составляет:

$R_{Д.З.} = \frac{6^2}{0{,}021} = 1714$,м.

Промежуточная зона располагается от антенны на расстоянии от 426.6 м до 1714 м. Ширина промежуточной зоны составляет:

$R_{П.З.} = R_{Д.З.} - R_{Б.З.} = 1714 - 428{,}6 = 1286$,м.

ППЭ в ближней зоне рассчитываю по формуле [12]:

$ППЭ_{Б.З.} = \frac{3 \cdot P}{S}$, (4.17)

где P–мощность излучения, Вт;

$S = \pi \cdot R_A^2$–площадь излучающей поверхности, м^2;

R_A=3 м–радиус антенны.

ППЭ в ближней зоне, в направлении максимального излучения, составляет:

$ППЭ_{Б.З.} = \frac{3 \cdot 26{,}73}{\pi \cdot 3^2} = 2{,}836$,Вт/м^2.

ППЭ в промежуточной зоне, в направлении максимального излучения, рассчитываю, используя формулу [12]:

$ППЭ_{П.З.} = \frac{3 \cdot P}{S} \cdot \left(\frac{R_{Б.З,}}{R}\right)^2$, (4.18)

где R–расстояние от центра раскрыва антенны до точки наблюдения, расположенной в промежуточной зоне.

ППЭ в промежуточной зоне, в направлении максимального излучения, в точке R=1400 м, составляет:

$ППЭ_{П.З.} = \frac{3 \cdot 26.73}{\pi \cdot 3^2} \cdot \left(\frac{1286}{1400}\right)^2 = 2.39$, Вт/м^2.

ППЭ в дальней зоне, в направлении максимального излучения, рассчитываю по формуле [12]:

$ППЭ_{Д.З.} = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$, (4.19)

где G–коэффициент усиления антенны;

R–расстояние от центра раскрыва антенны до точки наблюдения расположенной в дальней зоне.

ППЭ в дальней зоне, в направлении максимального излучения, составляет:

$ППЭ_{Д.З.} = \frac{4 \cdot 470700}{4 \cdot \pi \cdot 1714^2}$ =0,05, Вт/м^2.

Расчёт значений ППЭ, в зависимости от зон излучения, показывает, что максимально допустимое значение $ППЭ_{П.Д.}$=0,1 Вт/м^2 , под воздействием которого персонал может находиться в течение всего рабочего дня (T=8 часов) [12], превышается для всех трёх зон излучения. При проведении работ

связанных с обслуживанием антенны персонал может находиться в ближней зоне не более 20 минут в течение рабочего дня [12], с использованием индивидуальных средств защиты. В том случае если проведение работ требует большего промежутка времени, то работы производятся при выключенных высокочастотных блоках, либо необходимо обеспечить соответствующее число групп персонала для проведения работ, чтобы время пребывания каждой группы в ближней зоне не превышало 20 минут за рабочий день. Меры защиты для промежуточной и дальней зон не применяются, так как направление максимального излучения антенны ориентированно на спутник и зоны жилой застройки в него не попадают.

4.1.2 Организационные меры безопасности при работе с источниками электромагнитного излучения

Обслуживание земная станция оборудование, особенно антенные фидеры из-за опасности падения с высоты воздействия ЭМП и шока. Несоблюдение правил техники безопасности может привести к несчастным случаям с тяжелыми последствиями для человека до смерти.

Обслуживание оборудования radiopredpriyatiya допускаются лица не моложе 18 лет, которые прошли медицинский осмотр. Весь персонал, обслуживающие radiopredpriyatiya оборудование, обучены правилам техники безопасности для специальных программ и ежегодного безопасности экзамены из-за незнания или несоблюдения может привести может привести к несчастным случаям.

Техническое обслуживание оборудования radiopredpriyatiya поручено обязанность ремонта и эксплуатации персонал с квалификацией группы II-III. Текущая операция радиопередатчиков до 300 ватт радиоприемников на и от оборудования разрешено взимать один человек. В то же время ему запрещено удалять любые неисправности, а также включают в себя измерения и электрические приборы. Ремонт и техническое обслуживание в передатчиках производятся с полным обесточен. Поддержкой оборудование можно контролировать с помощью одного сопровождающего. Одноместный долг запрещено проводить любые ремонтные работы. Он имеет право включать и выключать оборудования и водопроводной Backup. Найдите неисправности и ремонт оборудования работников, для которых она является фиксированной или аварийную группу профилактики.

Только при полном снятии напряжения допускается: устранение неисправностей, изменения в схеме, уборка контакты силовых щитов и кабельных каналов, сборки и разборки высокочастотных путей.

Нет снятия напряжения, вдали от токоведущих частей, позволило осмотре оборудования, не проверить, если напряжение сети с помощью устройств, которые являются частью оборудования, контроль качества и измерительных каналов, установка, составляющий часть инструмента оборудования.

Для защиты от электрического тока персонала необходимо использовать изоляционные защиты.

Защита от воздействия ЭМП антенны следует строго соблюдать этот срок, данное в разделе 4.1, при работе в ближней зоне антенны. При выполнении работ по техническому обслуживанию не отключается от частоты антенны блока персонал должен использовать средства индивидуальной защиты. При настройке усилители мощности и волноводы должны использовать защитные очки с металлизированной стекла. При измерении соотношение количества пути бегущей волны загружается на манекене. Интенсивность ЭМП излучения проверяется не реже 1 раза в год, а после капитального ремонта волноводного канала и блоков высокой частоты.

Обслуживание антенн башни разрешено лицам не моложе 18 лет, специально обученные и признан годным к медицинской комиссии для проведения работ на высоте.

Работа выполнена на антенны на вместе. Экипировка работы пишет главный инженер или руководитель группу антенн. Перед началом работы обязательно со всеми членами команды провели технический брифинг по их безопасного проведения. Прежде чем начать, вы должны принять меры для обеспечения безопасности. Выключите антенного фидера от антенного переключателя. Проверьте напряжение на подающем проволоки и молол у входа в здание и поддержания в рабочем месте. Все автоматические выключатели и разъединители, с помощью которых обесточивается, оставленных предупреждающие знаки: "Не включать О работе антенны!." Только после этих событий, команда может приступить к выполнению задачи.

Работа на высоте может быть только в дневное время. В исключительных случаях, таких как ликвидация аварии разрешается подниматься на крыше в ночное время. Место работы в этом случае горит фонарь аккумулятор и лебедки для подъема - прожекторы, которые должны обеспечить достаточную освещенность.

Перед измерение или наладочных работ на антенно-фидерных устройств должны убедиться в отсутствии внешней напряжения на антенне или устройство подачи и высокая работоспособность дросселей предназначен для слива статические заряды. После этого можно подключить приборы к тестируемой цепи. Корпус приборы для измерения заземлены. Если измерения существует риск воздействия ЭМП, рабочие должны применять специальные металлические костюмы, шлемы и очки.

Конфигурация и измерения антенно-фидерных устройств, а также любой другой работы по мачт и башен не разрешается проводить во время шторма, когда он приближался, сильный снегопад, дождь и лед, если скорость ветра достигает более 12 м / сек (6 указывает).

4.2 Анализ условий труда

В центре администрирования системы (CSA) взаимозаменяемы оператор контролирует движущихся объектов, получает, обрабатывает и отправляет, в случае необходимости, сообщения электронной почты. В CSA являются 6

человек, 4 из них - изменение оператора. Оператор находится комната с руководством блока системы: сервер для хранения информации, сервер для обработки информации, один сервер производства и ваш персональный компьютер. Так как оператор целый день взаимодействует непосредственно с компьютером, важно правильно организовать свое рабочее место. С точки зрения человека-оператора станции фактор имеет ряд эргономических характеристик и производительности. Эргономика на связь с показателями производительности, надежности и экономичности работы. Таким образом, дизайн и размещение рабочих мест обеспечит меры предосторожности, чтобы избежать или снизить преждевременную усталость рабочего человека, предотвращая появление его психо-физиологического стресса, а также появление ошибочных действий. Такая конструкция обеспечит рабочем месте скорость, безопасность, простоту и экономичное обслуживание, в полной мере отвечают функциональным требованиям и выполнения намеченного полета.

В залах оператора должны соответствовать определенным требованиям для систем вентиляции и кондиционирования. Таким образом, при условии, что зал был дан ¬ достаточным количеством наружного воздуха на одного человека; кондиционер обеспечивает ¬ валовому автоматических параметры техобслуживания ¬ микроклимат в объеме, необходимом для всех сезонов, очистки воздуха от пыли, с ¬ zdavalo небольшое избыточное давление в сети для перемещенных ¬ исключить сырой доход воздух.

Для операционной зале должны соответствовать определенным требованиям к свету. Искусственные условия освещения имеют большое влияние на визуальный производительности, физическое и моральное состояние людей, а следовательно, на производительность и производственного травматизма. Таким образом, мы находим освещение, что обеспечит комфортные условия для легкой работы, создать нормальные условия для работы и учебы.

Это покрытие будет:

- Чтобы создать благоприятные условия труда;
- Соблюдать гигиенических нормативов;
- Равномерно распределить яркость на рабочей поверхности и в его окрестностях;
- Устранить резкие тени на рабочей поверхности;
- Уберите источники яркого света (прямого и отраженного) в поле зрения;
- Обеспечить необходимую спектральный состав света для точного цвета.

Источники света в искусственном освещении в операционной, мы используем люминесцентные лампы.

Исходя из вышеизложенного, в данном разделе диссертации будет:

- Рассчитать ИРР
- Рассмотрим рациональную организацию рабочего места оператора;
- Расчет искусственного освещения оператора зала двумя способами: методом утилизации и точки;
- Расчет системы вентиляции и выбрать кондиционер.

4.3 Рациональная организация рабочего места оператора

При конструировании рабочего места оператора создадим следующие условия: достаточное рабочее пространство для работающего человека, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования; достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием, а также между людьми в процессе выполнения общей трудовой задачи; оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, а также безопасные и достаточные проходы для работающих людей; необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания; допустимый уровень акустического шума и вибрации, создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибрации [8].

На рабочем месте оператора используем:

- средства отображения информации индивидуального пользования (дисплей);
- средства ввода информации (клавиатура, различные манипуляторы);
- средства связи и передачи информации (телефонный аппарат, модем);
- средства документирования и хранения информации (принтеры, дисковые накопители);
- вспомогательное оборудование.

Рабочее место оператора (см. рис. 4.1) организуем следующим образом [8]. Дисплей разместим на столе так, чтобы расстояние наблюдения информации на экране было в пределах 450-500 мм. Экран дисплея расположим так, чтобы угол между нормалью к центру экрана и горизонтальной линией взгляда составлял 20^0. Клавиатуру расположим на столе или подставке так, чтобы высота клавиатуры по отношению к полу составляла 650-800 мм, наклон клавиатуры сделаем в пределах $5\text{-}10^0$. При размещении компьютера на стандартном столе используем кресло с регулируемой высотой сиденья (от 380 до 450-500 мм) и подставку для ног. Средства документирования расположим справа от оператора в зоне максимальной досягаемости, а средства связи — слева, чтобы освободить правую руку для записей. Экран дисплея, документы и клавиатура расположим так, чтобы перепад яркостей поверхностей, зависящий от их расположения относительно источника света, не превышал 1:10 (оптимально 1:3)

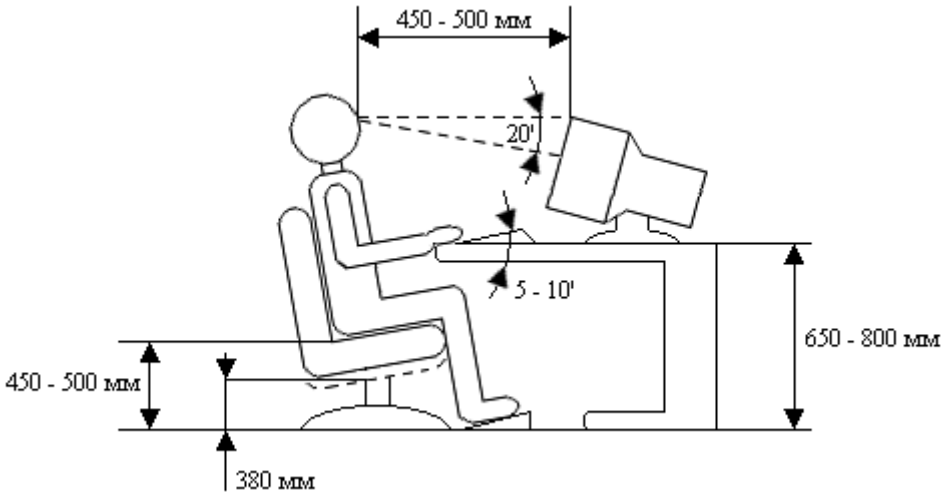


Рисунок 4.1 – Рациональная организация рабочего место оператора

4.4 Расчет системы искусственного освещения

Дано:
длина помещения А = 10 м;
ширина помещения В = 5 м;
высота помещения Н = 3 м;
высота рабочей поверхности h_P = 0,8 м;
разряд зрительной работы III (высокой точности).

Для операторского зала рекомендована люминесцентная лампа ЛБ40-4 (белого цвета), мощностью 40 Вт, световым потоком 3000 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм (таблица 2-12, [9]).

Определим наиболее выгодное расстояние между светильниками [9]:

$$Z = \lambda \cdot h \text{ м}, \quad (4.1)$$

где λ =1,2 ÷ 1,4;

h = H – h_P = 3 – 0,8 = 2,2 м.

По этим данным находим, что наиболее выгодное расстояние между светильниками равно:

$$Z = \lambda \cdot h = 1{,}4 \cdot 2{,}2 = 3{,}08 \text{, м.}$$

Рассчитаем число рядов светильников [10]:

$$n = \frac{B}{Z} \quad (4.2)$$

где В – ширина помещения, В = 5 м;

Z – расстояние между светильниками, Z = 3,08 м.

Отсюда:

$$n = \frac{B}{Z} = \frac{5}{3{,}08} = 1{,}62 \text{ м.}$$

Следовательно светильники будем располагать в два ряда.

Определим число светильников [10]:

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_Л \cdot \eta}, \qquad (4.3)$$

где E – заданная минимальная освещенность светильника. Для персонала работающего с ЭВМ E = 400 лк;

$К_з$ – коэффициент запаса, учитывающий запыление и износ источников света в процессе эксплуатации. $К_з$ = 1,5;

S – освещаемая площадь, S = 50 м ;

Z — коэффициент неравномерности освещения, Z = 1,4;

η - коэффициент использования;

$Ф_Л$ – световой поток лампы, $Ф_Л$ = 3000 лм.

n – число ламп в светильнике.

Нам неизвестен коэффициент использования, для его нахождения определим индекс помещения [10]:

$$i = \frac{L \cdot B}{h \cdot (L + B)} = \frac{10 \cdot 5}{2{,}2 \cdot (10 + 5)} = \frac{50}{33} = 1{,}52 \qquad (4.4)$$

Т.к. у нас стены и потолок белого цвета, на окнах установлены жалюзи также белого цвета, то коэффициенты отражения будут следующими [9]):

$p_{пот}$ = 50%;

$p_{ст}$ = 30%;

$p_{пол}$ = 20%.

Следовательно, коэффициент использования η = 54% (таблица 5-20, [9]).

В качестве светильника возьмем ЛСП02 рассчитанный на 2 лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм.

Таким образом:

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_Л \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1{,}5 \cdot 50 \cdot 1{,}15}{2 \cdot 3000 \cdot 0{,}54} = 11{,}6 \approx 12$$, светильников.

Т.е. у нас 12 светильников расположенных в два ряда, в каждом ряду по шесть светильников, в каждом светильнике по 2 лампы.

Проверку расчета произведем точечным методом.

Линейные размеры излучателей в данном случае равны 1213,6 мм и превышают высоту 0,5 м установки. В данном случае они рассматриваются как светящиеся линии.

Кривые линии изолюкс построены в координатной системе [10]:

$$(P^1 – L^1) \qquad (4.5)$$

где $P^1 = \frac{P}{h}$; (4.6)

$L^1 = \frac{L}{h}$; (4.7)

где L – общая длина светящихся линий;

P = 1,5; h = 2,4; L = 9,75.

Таким образом, подставив данные в формулы, получим:

$$P^1 = \frac{P}{h} = \frac{1,5}{2,4} = 0,63;$$

$$L^1 = \frac{L}{h} = \frac{9,75}{2,4} = 4.$$

Для обеспечения в данной точке заданной освещенности $E_Н$, необходимо иметь удельный световой поток Ф. Световой поток в каждом светильнике определяется по формуле [10]:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E_Н \cdot K_З}{\mu \cdot \sum E_У},$$

(4.8)

где μ - коэффициент, учитывающий отражение составляющих света и действие удаленных светильников и составляет 1,1 – 1,2;

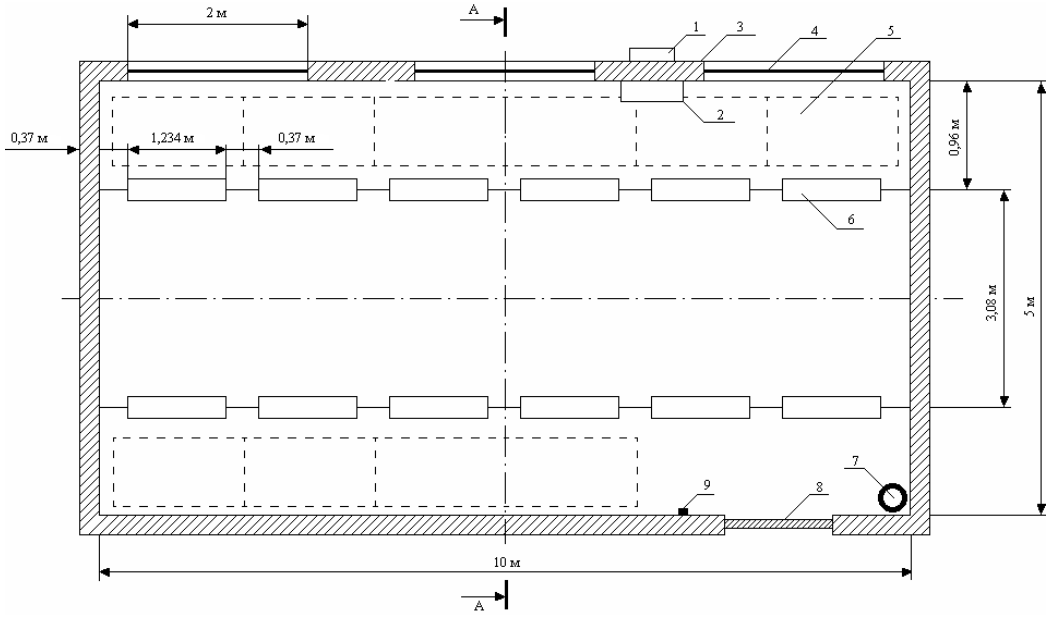
$\sum E_У$ - суммарная условная освещенность в контрольной точке (выбираются точки, где $\sum E_У$ имеет наименьшее значение). $\sum E_У$ = 40х2 = 80;

$E_У$ – определяется по графику пространственных изолюкс, $E_У$ = 40.

Таким образом, подставив данные в формулы, получим:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E_Н \cdot K_З}{\mu \cdot \sum E_У} = \frac{1000 \cdot 400 \cdot 1,5}{1,2 \cdot 80} = 6250, \text{ лм.}$$

Поскольку необходимый световой поток ламп каждого светильника не должен отличаться от требуемого на –10% или +20%, то можно сделать вывод, что расчет верен.



Итого, для создания нормированной освещенности нам понадобится 24 лампы в 12-ти светильниках располагающихся в два ряда, в каждом ряду по 6 светильников, в каждом светильнике по 2 лампы.

1 – кондиционер (внешний блок);

2 – кондиционер (внутренний блок);

3 – стена;

4 – окно;

5 – рабочее место;

6 – люминесцентная лампа;

7 – огнетушитель;

8 – дверь;

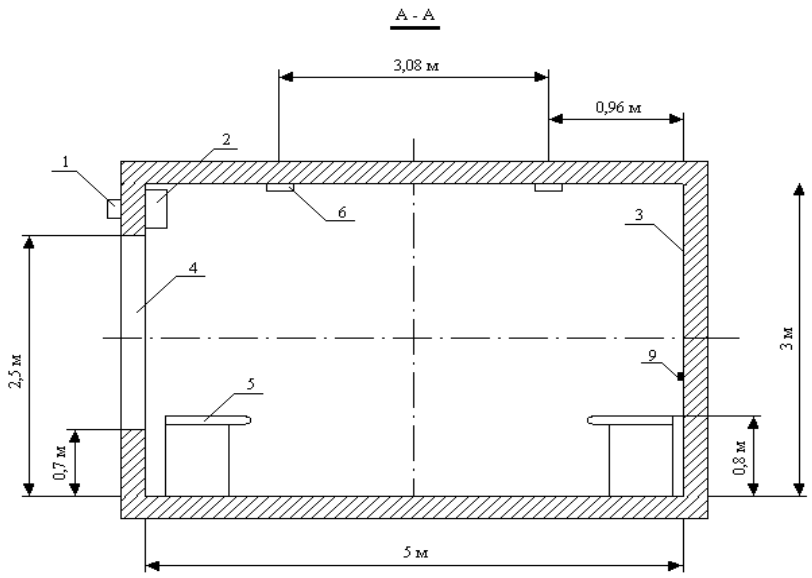
9 – пожарный извещатель.

Рисунок 4.2 – Схема искусственного освещения

4.5 Расчет системы вентиляции

Найдём требуемое количество подаваемого воздуха по фактору «тепловыделение». Оно рассчитывается по формуле [8]:

$$L = \frac{Q_{ИЗБ}}{C_B \cdot \Delta t \cdot \gamma_B}, \tag{4.9}$$



где Δt = $t_{УДАЛ}$ – $t_{ПОСТ}$,
$t_{УДАЛ}$ – температура удаляемого воздуха;
$t_{ПОСТ}$ – температура поступающего воздуха;
$C_В$ – теплоемкость воздуха, $C_В$ = 0,24 ккал/кг*^{0}С;
γ_B - удельная масса приточного воздуха, γ_B = 1,206, кг/м^3.
$Q_{ИЗБ}$ – избыточное тепло.

Избыточное тепло найдем из выражения [8]:

$$Q_{ИЗБ} = Q_{ОБ} + Q_Л + Q_Р - Q_{ОТД}, \quad (4.10)$$

где $Q_{ОБ}$ – тепло, выделяемое офисным оборудованием;
$Q_Л$ – тепло, выделяемое людьми;
$Q_Р$ – тепло, вносимое солнечной радиацией;
$Q_{ОТД}$ – теплоотдача в окружающую среду.

Значения $Q_Р$ и $Q_{ОТД}$ примерно равны и взаимно компенсируются. Поэтому избыточное тепло образуется только за счёт людей и оборудования.

Тепло, выделяемое людьми, найдём по формуле [8]:

$$Q_Л = K_Л \cdot (q - q_{ПОГЛ}), \quad (4.11)$$

где $К_Л$ – количество людей в помещении, $К_Л$ = 3;
q – тепло, выделяемое одним человеком, q = 250 ккал/ч;
$q_{ПОГЛ}$ – тепло, поглощаемое одним человеком, $q_{ПОГЛ}$ = 140 ккал/ч.

Отсюда находим:

$$Q_Л = K_Л \cdot (q - q_{ПОГЛ}) = 3 \cdot (250 - 140) = 330 \text{ ккал/ч.}$$

Рассчитаем количество тепла, выделяемого офисным оборудованием. В зале расположено 4 персональных компьютера. Каждый компьютер имеет мощность 230 Вт. Общая мощность компьютеров составляет 4×230=920 Вт = = 0,92 кВт. Также имеется один принтер с потребляемой мощность 50 Вт. Общая потребляемая мощность офисной техники равна 0,97 кВт.

Тепло, выделяемое офисным оборудованием рассчитаем по формуле [8]:

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot P_{ОБ} \cdot \eta, \quad (4.12)$$

где 860 – тепловой эквивалент 1 кВт/час;
$Р_{ОБ}$ – потребляемая мощность, $Р_{ОБ}$ = 0,97 кВт;
η – коэффициент перехода тепла в помещение, η = 0,95.

Подставив все значения в формулу, находим:

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot P_{ОБ} \cdot \eta = 860 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}95 = 742{,}49 \text{ ккал/ч.}$$

Рассчитаем теплонапряженность воздуха по формуле [8]:

$$Q_Н = \frac{Q_{ИЗБ}}{V_П}, \quad (4.13)$$

где $V_П$ – объем помещения, $V_П$ = 150 м^3.

$Q_{ИЗБ} = Q_Л + Q_{ОБ} = 330 + 742,49 = 1072$, ккал/ч.

Таким образом, подставив все данные в формулу, получим:

$$Q_Н = \frac{Q_{ИЗБ}}{V_П} = \frac{1072}{150} = 7,147$$, ккал/м^3.

Т.к. $Q_Н < 20$ ккал/м^3, то $\Delta t = 6\ ^0$С.

Найдём требуемое количество подаваемого воздуха:

$$L = \frac{Q_{ИЗБ}}{C_В \cdot (t_{УДАЛ} - t_{ПОСТ})} = \frac{1072}{0,24 \cdot 6 \cdot 1,206} = 617,28$$, м^3/ч.

Рассчитаем кратность воздухообмена по формуле [8].

$$K = \frac{L}{V}, \qquad (4.14)$$

где L – требуемое количество подаваемого воздуха, L = 617.28, м^3/ч;

V – объем помещения, V = 150 м^3.

Таким образом, кратность воздухообмена равна:

$$K = \frac{L}{V} = \frac{617,28}{150} = 4,1 \approx 4$$ 1/час.

Т.о. нам необходим кондиционер, создающий воздухообмен 617,28 м^3/ч.

Установим в операторском зале один настенный кондиционер DELONGHI CP 30, рассчитанный на 130 м^2 (расположение кондиционера показано на рисунке 5.2). Данный кондиционер создает воздухообмен 600 м^3/ч, создает в помещении воздушную среду с температурой 17-26 ^{0}С и влажность 40-70%, удаляет из помещения избыточную влагу и тепло, снабжен таймером, термостатом, бактерицидным фильтром и автоматическим климат контролем. Электропитание кондиционера 230 В, 5 А, 50 Гц; максимальный уровень шума 38 дБ; внутренний блок: длина 810 мм, высота 300 мм, глубина 200 мм; внешний блок: длина 650 мм, высота 500, глубина 210 мм [11].

5 БИЗНЕС – ПЛАН

5.1 Сущность проекта

Этот проект рассматривается использование геостационарных спутников для связи с движущегося объекта и определить его координаты (локации). Доступ движущегося объекта, сделанное посылая сигнал к абоненту через движущихся два различных спутника. Разница во времени между получением двух сигналов измеряется терминал мобильной связи и отправлен в центр управления сетью (DSA). Полученная информация в сочетании с временем передачи вперед и назад, что обеспечивает точность расположения около 100 метров в любой точке зоны обслуживания с 95% уровне достоверности.
Система построена по принципу электронной почте. Координаты объектов, не оцениваются с помощью терминала, и определяются CSA и передается обратно в виде электронной почты на мобильном терминале. В CSA по запросу дополнительная информация поступает из аварийных служб на государственных дорог, объездов, погодных условий в различных регионах, и тому подобное. Как два геостационарных система спутниковой связи для организации были предложены российской спутниковой системы "Экспресс" и казахстанский спутник связи «KazSat-1», работающей на геостационарной орбите.

5.2 Характеристики системы

ЦСА включает приемопередающий антенну, направленную один из спутников, приемопередатчик, сервер обработки информации, сервер для хранения промышленный сервер данных для оператора, подключенного к двум основным серверов.
На транспортном средстве (автомобиль или лодка) устанавливается абонентский комплект, состоящий из трех основных узлов - внешняя антенна (он защищен колпачком для радиоволн), внутренний блок связи с дисплеем и клавиатурой (макет QWERTY).
Состав наружного блока включает отслеживания антенну с механическим управлением, входного каскада приемника и выходных каскадов передатчиков. Терминал оборудован с устройствами хранения данных (память) для хранения сообщений. Блок приемопередатчика, который может быть размещен в любом месте в салоне, как управление терминалом с помощью клавиатуры и встроенный дисплей. Клавиатура имеет несколько дополнительных функциональных клавиш перепрограммировать и оснащенные дисплей ожидания синхронизации сообщений с спутниковой связи и выходной мощности. МСТ имеет стандартный интерфейс для подключения дополнительных периферийных устройств - тревожной кнопки и дополнительных датчиков в нескольких комплектациях, чтобы управлять

различными параметрами автомашины и груза (например, температуры в холодильнике).

5.3 Маркетинг

Разработано проект - предоставление связи и навигационных систем с использованием геостационарных спутников.
Спутниковые системы для мобильной связи, и, в частности, системы, обеспечивающие пользовательский терминал службы расположение, что позволяет управлять движением и статус товаров и контролировать, являются перспективными и растущий сектор рынка.
В Казахстане, говорится в сообщении сектора находится в зачаточном состоянии, поэтому не имеет аналогов. Как показывает международный опыт, основные грузоперевозки фирмы и компании, занимающиеся крупномасштабной грузов очень стабильные и кредитоспособных клиентов, заинтересованных в повышении производительности и прибыльности своих операций.
Использование расположение услуги потребитель оборудование система позиционирования и мобильных позволяет:
а) транспортная компания:
- Чтобы увеличить оборот транспорта и доходов от поездок в оба конца;
- Изменить ориентацию быстро вырабатывать более выгодное грузов;
- Возьмите "горящий" грузов и грузов, требующих поставку на времени;
- Чтобы реагировать на непредвиденные обстоятельства;
- Контроль поездка туда и обратно по расписанию;
- Повышение безопасности и сохранности перевозок грузов;
- Оптимизация управления на основе оперативной информации;
- Мотивированное разрешения споров в связи с наличием объективных материалов в базах данных (в том числе в некоторых случаях, внешней независимой БД);
2) Водитель автомобиля:
- Поддерживать почти постоянный контакт с менеджером в головном офисе компании;
- Чтобы сэкономить время;
- Быстро решить непредвиденные проблемы;
3) перевозка клиентов:
- Иметь точное расписание доставки;
- Контроль погрузки и транспортировки груза;
- Снизить риски, связанные с безопасностью груза.
Учитывая специфику внутреннего рынка, так как потребители этих услуг вынуждены работать в условиях несовершенной правовой базы и криминогенная обстановка достаточно актуальной расширение услуг, предоставляемых с возможностью эксплуатации сигнал бедствия с координатами и некоторые государственные параметров груза .

Исследования, проведенные американской фирмой CTA, показывают, что в развитых странах установка такого оборудования на использовании прицепа повышает производительность до 40% в год.
Компания провела исследования Combellga экономической эффективности системы EUTELTRACS российских транспортных компаний. Результаты показали, что ежемесячный доход принесли на машине увеличивается на 21%, а оборот транспортных увеличивается на 8,5%. В то же время стоимость оснащения 20 автомобилей будет погашен в течение двух кварталов и принесет постоянную прибыль.
По-видимому, наличие транспортных средств клиентов такого оборудования позволит ему рассчитывать на определенные льготы в страховании грузов.

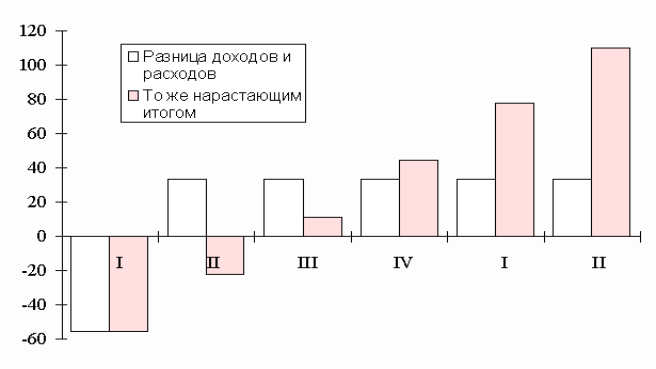


Рисунок 5.1 – Разница доходов и расходов предприятия.

В настоящее время, если есть достаточное финансирование, чтобы развивать свой собственный реальный спутниковой связи и позиционирования подвижных объектов для Казахстана клиента, который может быть на основе как существующих, так и вновь разработанных для спутниковых платформ.

Среди хорошо функционирующих систем в настоящее время в следует выделить EUTELTRACS (Европейской организации спутниковой связи EUTELSAT). Сегодня, системные службы в России уже предлагает компания Комбеллга.

Использование перевозки грузов режима текстовых сообщений имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционной передачи речи. Кроме этого режима конфиденциальности автоматически обеспечивает документирование всех переданных и полученных данных. Не менее важным является тот факт, что абонент-водитель получает данные об изменениях в маршруте с точными названиями городов и пограничных переходах, которые в случае голосовой связи не всегда правильно воспроизведенных.

Передача текстового сообщения не требуют присутствия абонента или диспетчером в момент передачи (в отличие от голоса). Даже тогда, когда терминал будет обязательно ехать к месту назначения.

Офисный компьютер управления получает и хранит всю поступающую информацию, но даже если он выключен, то эта информация не теряется, но хранятся в другом устройстве - компьютер регионального оператора. Когда

вы включите компьютер и модем связи с созданием регионального менеджера центр получает всю информацию, введенную для него. Электронные карты, которые могут быть применены к изображениям всех машин на ферме, позволяют ему отслеживать маршруты транспортных средств.

Я хотел бы особо отметить, что эта организация обеспечивает подключение (при необходимости) контроля транспортных средств и в нерабочее время. Например, это может быть сделано с домашних компьютеров или автоманьяка сотрудников судоходных компаний, которые подключены через модем к телефонной линии. В ближайшее время Euteltracs планируется ввести новое программное обеспечение, которое будет поддерживать доступ к системе через Интернет. Кроме того, электронный обмен сообщениями провели значительно меньше ресурсов, чем в случае голосовой связи.

5.4 Организационно-производственная план

Предлагаемая система может быть разработана телекоммуникации, или, как некоторые независимые компании, предлагающие определенные услуги в основном для корпоративных клиентов. Для организации для потенциального провайдера заключает договор с ОАО «Kazinformtelekom" на поставку и монтаж оборудования для организации CSA, TESQuantumTM. Покупает мобильных терминалов «Quallcom», с предварительного разрешения органов государственной власти на импорт и работать на территории Казахстана. Следующий шаг - заключение договора с поставщиком на аренду канала Ku-диапазона, поставщика в Казахстане - спутниковой сети «Жарык» операционной системы "Экспресс". Контракт с Министерством по чрезвычайным ситуациям (МЧС) для своевременного информирования о чрезвычайных ситуациях на территории Казахстана.

Компания планирует обслуживать два типа клиентов: Regular, что для себя, чтобы спасти, купить модель рекомендуется с помощью мобильного терминала (МТ), компания, в свою очередь, принимает обслуживания постоянных клиентов, только ежемесячная абонентская плата.

Вторая категория - одноразовый или более клиентов, которые не нуждаются воспользоваться этой услугой все время, больше клиентов принимают МТ арендовать от компании uslugodatetelya и платить абонентскую плату.

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования спутниковой системы.

Наименование	Цена в тенге	Количество	Сумма в тенге
Параболическая антенна ТНА- 6 м.	228 000	1	228 000
Блок приемо-	650 000	1	650 000

передатчик			
Система управления и обработки информации	540 000	1	540 000
Мобильный терминал	195 000	200	39000000
ODU	90 400	1	90 400
Дополнительное оборудование	545 000	----	545 000
ИТОГО ($С_{об}$)			40 153 000

5.4 Финансовый план

Финансовый план включает расчет следующих показателей:

– капитальные вложения (инвестиции);

– эксплуатационные расходы, связанные с реализацией данного проекта;

– экономическая эффективность проекта.

Капитальные вложения включают в себя:

$$К_{Вл} = К_{Обор} + К_{ТР} + К_{Пр}, \quad (5.1)$$

где $К_{Обор}$ – стоимость приобретаемого оборудования для функционирования данной технологии.

В данном проекте учитываются капиталовложения оборудования и монтажа, затраты на транспортировку и прочее ($К_{ТР}$ и $К_{Пр}$)не учитываются.

Определим капитальные вложения:

$$К_{Вл} = 40\ 153 \text{ (тыс. тенге)}$$

При расчете срока окупаемости проекта капитальные вложения будут учитываться с вычетом разовых платежей клиента.

Эксплуатационные расходы. Целью определения расходов основной деятельности (эксплуатационных затрат) является расчет их необходимой величины для обеспечения нормальной производственной и коммерческой деятельности предприятия. Поэтому каждая статья увязывается с другими показателями работы, уровень которых влияет на абсолютную величину составляющих сметы затрат.

$$Э_р = А_0 + ФОТ + О_{СН} + Н_р + С_{рк} \quad (5.2)$$

$С_{рк}$ = 3 168 тыс.тг – стоимость аренды радиоканала за год.

Определим амортизационные отчисления ($А_0$). Амортизация является экономической мерой возмещения износа основных производственных фондов. Амортизация представляет собой постепенный перенос стоимости основных производственных фондов (ОПФ) на стоимость вновь создаваемой продукции или услуг по мере их износа. Количественной мерой амортизации,

и ее денежным выражением являются амортизационные отчисления, предназначенные на полное восстановление основных производственных фондов. Нормы амортизации ($Н_А$) составляют 30%.

$$А_О=Н_а \cdot К_{Вл}, \text{ тыс. тг} \quad (5.3)$$

Амортизационные отчисления составят:

$А_О$=0,30· 40 153 = 12 045,9, тыс.тг

Определим фонд оплаты труда (ФОТ). В затраты на оплату труда включаются все выплаты работникам основной деятельности, предусмотренные трудовым законодательством, а также некоторые стимулирующие и компенсационные выплаты. По этой же статье учитывается фонд оплаты по трудовым соглашениям. Штат обслуживающего персонала составим следующим образом:

Таблица 5.2 – Обслуживающий персонал

	Инженер	Всего
Число работников, человек	6	
Средняя заработная плата, тенге	45 000	270 000

Количество обслуживающего персонала берется исходя из того, что операторы центра системного администрирования работают в смену и занимаются всем объемом клиентуры предприятия.

Т. о. основная заработная плата работников за год составляет:

$З_{п.осн}$=12·270 000 =3240000.тг

Фонд оплаты труда вычисляется по формуле:

$ФОТ=З_{п.осн}$=3240000 тг (5.4)

Отчисления на социальные нужды ($О_{СН}$) представляют собой обязательные для каждого предприятия выплаты по установленным в законодательном порядке нормам в государственные или иные фонды социального страхования, обязательного медицинского страхования и прочие. Отчисления на социальные нужды определяются от фонда заработной платы за вычетом пенсионного фонда:

$$О_{СН} = 0.2 \cdot (ФОТ - ПФ) = 0.2 \cdot 0.9 \cdot ФОТ \text{ ,тыс_тенге} \quad (5.5)$$

$О_{СН}$=0,2·0,9·3 240=583,2 тыс.тг

К накладным расходам $Н_Р$ относятся, все неучтенные расходы – управленческие, хозяйственные, затраты на обучение кадров.

Накладные расходы составят:

$$Н_р = (0.3 \div 0.8) \cdot ФОТ \text{ , тыс.тг} \quad (5.6)$$

$$Н_р = 0,3 \cdot 583,2 = 174,96, \text{ тыс.тг}$$

Тогда,

$Э_Р$ = 12 045,9+ 3 240 +583,2 + 174,96+ 3 168 = 19212,06 (тыс. тенге)

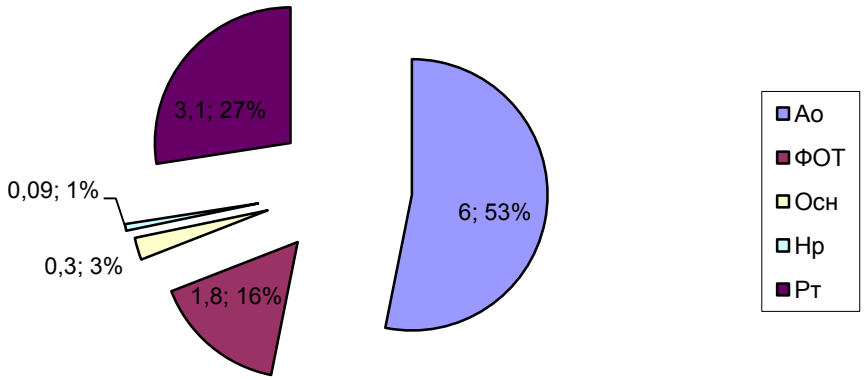


Рисунок 5.2 – Структура эксплуатационных расходов

Основными финансовыми показателями в экономике связи являются доходы. Поскольку главная цель отрасли связи состоит в предоставлении потребителям телекоммуникационных услуг, доходы (выручка) от их реализации по установленным тарифам называются доходами от реализации (платных) услуг основной деятельности ($Д_{осн}$), и вычисляется в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.3 – Оплата клиентом за услуги, оказываемые компанией, постоянные доходы

п/п	Наименование услуги	Стоимость единицы услуги, тг без НДС	Всего, ед.	Итого в месяц, тыс.тг без НДС
	Абонентская плата постоянных клиентов	5000	2000	10000
	Арендная плата непостоянных клиентов	9000	2000	18000
	Абонентская плата непостоянных клиентов	7000	2000	14000
	ИТОГО:			**4200**

Сумма доходов от реализации услуг за год составит:

$$Д_{осн} = Д_{мес} \cdot T \qquad (5.7)$$

$Д_{осн} = 4,2 \cdot 12 = 50,4$ млн. тг

В рыночной экономике условием деятельности любого предприятия является превышение его доходов от реализации товаров и услуг над расходами. Прибыль выступает в качестве важнейшего показателя, который характеризует конечные результаты и эффективность деятельности

предприятия. Основная прибыль ($Пр_{ОСН}$) получается как разница между доходов от основной деятельности и расходами связанными с производством продукции или услуг.

$Пр_{ОСН} = Д_{ОСН} – Э_Р$ (5.8)

$Пр_{ОСН}$ = 50,4 – 19,212= 31,18 млн. тенге

Прибыль подлежит налогообложению, при котором определенная часть перечисляется в бюджет в соответствии с действующим законодательством. Налогооблагаемая прибыль определяется следующим образом:

$Пр_{ЧИС} = Пр_{ОСН} – Ю_Н$ (5.9)

где, $Ю_Н$ – юридический налог и определяется:

$Ю_н = Н_{ст} \cdot Пр_{осн}$,тыс_тенге (5.10)

где, $Н_{СТ}$ = 30% – ставка налога,

Тогда чистая прибыль равняется:

$Пр_{ЧИС}$=07· $Пр_{ОС}$=0,7·31,18=21,83, млн.тг. (5.11)

Чистая прибыль предприятия распределяется по следующим фондам: ФН – фонд накопления, ФП – фонд потребления, РФ – резервный фонд.

Фонд накопления определяется по формуле:

ФН = 0,7· $Пр_{ЧИС, ОСТАВ. В РАСП. ПРЕД.}$, тыс. тенге (5.12)

ФН = 0,7 · 21,83 = 15,28 млн. тг

Определим ожидаемые чистые денежные поступление (ОЧДП):

ОЧД = ФН + $А_0$, тыс. тенге (5.13)

ОЧД = 15,28 + 12, 045= 27,32 млн. тг.

Произведем оценку экономической эффективности при ставке дисконтирования r=12%:

Коэффициент приведения вычисляется по формуле:

$$\beta = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (5.14)$$

где n=1, 2, 3, 4, 5 - соответствующие года.

β = 0.89, 0.79, 0.71, 0.63, 0.56

Таблица 5.4 – Данные по проекту

Наименование показателей	Значения по годам				
	1	2	3	4	5
Вводное кол-во абонентов,аб	200	25	50	75	100
Ср. годовое кол-во абонентов с нараст. итогом, аб.	200	225	275	350	450
Ср. годовое кол-во доп. абонентс. усл., аб.	200	200	200	200	200
Абон. плата пост. клиентов за ед, тыс.тг	7	7	7	7	7

Абон. плата доп-х. клиентских услуг за ед., тыс.тг.	8	8	8	8	8
Арендн. плата доп-х. клиентских услуг за ед., тыс.тг.	10	10	10	10	10
Доход от абон.пл. пост. клиентов по годам, млн.тг	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
Доход от абон.пл. доп. клиентс. услуг по годам, млн.тг	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
Доход от аренд.пл. доп. клиентс. услуг по годам, млн.тг	24	24	24	24	24
Совокупные доходы по годам, млн.тг	60	62,1	66,3	72,6	81
Экспл.расходы, млн.тг	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
Прибыль осн. по годам, млн. тг	31,18	32,52	35,14	39,24	44,62
Чистая прибыль по годам, млн.тг	34	35,5	38,4	42,8	48,7
Ожид. чист. доход по годам, млн. тг	27,32	22,73	24,66	27,41	31,26

Продолжение таблицы 5.4

Ожид. чист. доход с нараст. итогом, млн. тг	27,32	22,12	77,89	106,43	139,07
Инвестиционные затраты, млн. тг	40,1		-	-	-
Инвестиционные затраты с нараст. итогом, млн. тг	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1
Коэффициент приведения-β	0,89	0,79	0,71	0,63	0,56
ПЧД, млн.тг	26,6	23,6	58	70,9	82,7
ПЧД с нараст. итогом, млн.тг	27	50	128	199	282
NVP без учета дисконты, млн.тг	-13,5	-0	88,1	159	241,6
NVP с учетом дисконты, млн.тг	-10,3	-4,5	41,4	71,4	105,5

Показатель экономической эффиктивности проекта.

Методика оценки чистой приведенной стоимости

$$NPV = I0 + I1/(1+r) + I2/(1+r)2 + \ldots + In/(1+r)n \quad (5.15)$$

Здесь In — чистая прибыль для каждого года, I0 — начальная прибыль, I1 — прибыль в течение первого года и т. д.; n — число лет в периоде, за который анализируются инвестиции; r — ставка дисконта (это величина постоянная на протяжении всего периода анализа).

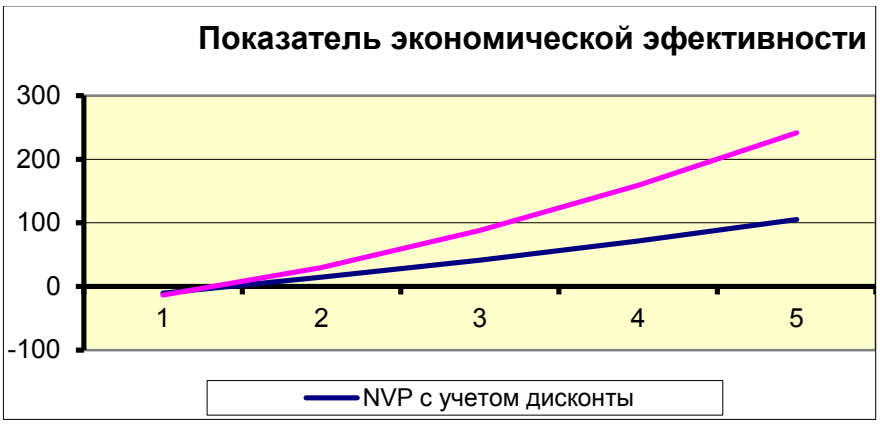


Рисунок 5.2 – График экономической эффективности.

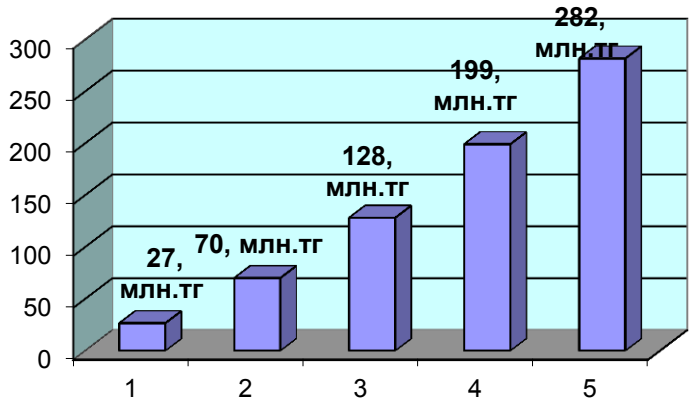


Рисунок –5.3 Приведенная чистая прибыль по годам с нарастающим итогом.

Заключение

Дипломный проект посвещен проектированию суптника учебного назначения. Учебные спутники уже прочно вошли в практику космических экспериментов и исследований. Использование малогабаритных спутников в образовательном процессе широко применяются в зарубежных странах.

Малые космические аппараты (МКА) -перспективное направление космической деятельности. Это связано со следующими обстоятельствами:массовым спросом на услуги, представляемые ракетно-космической техникой (Интернет-технологии, связь, навигация, метеорология, дистанционное зондирование Земли и акватории океанов, научные исследования);достигнутыми результатами в создании новых легких конструкционных материалов, микропроцессоров с высокой производительностью, миниатюрных фотокамер, микромеханизмов, микросенсоров и т.д.;высокой конкуренцией со стороны ведущих космических корпораций истремлением снижения затрат на разработку и эксплуатацию космической техники при одновременном увеличении качества и эффективности использования орбитальных группировок КА.

Приложение А

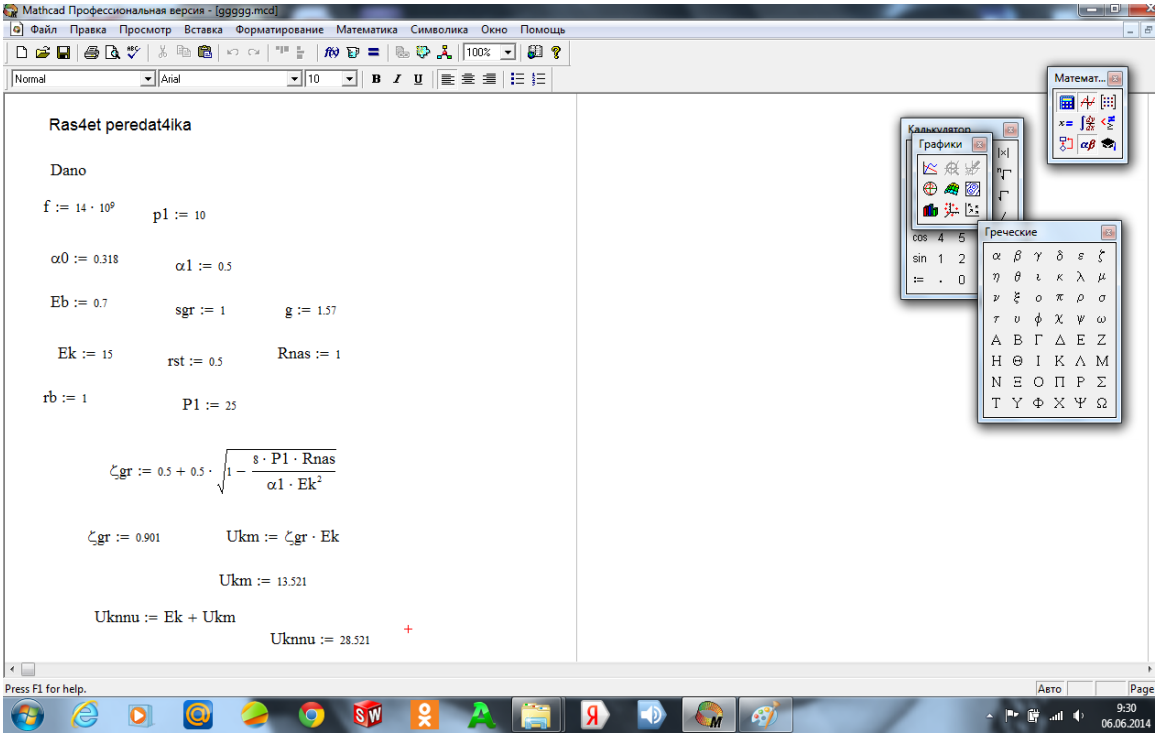


Рисунок А1- Расчет передатчика в среде Mathcad

Приложение Б

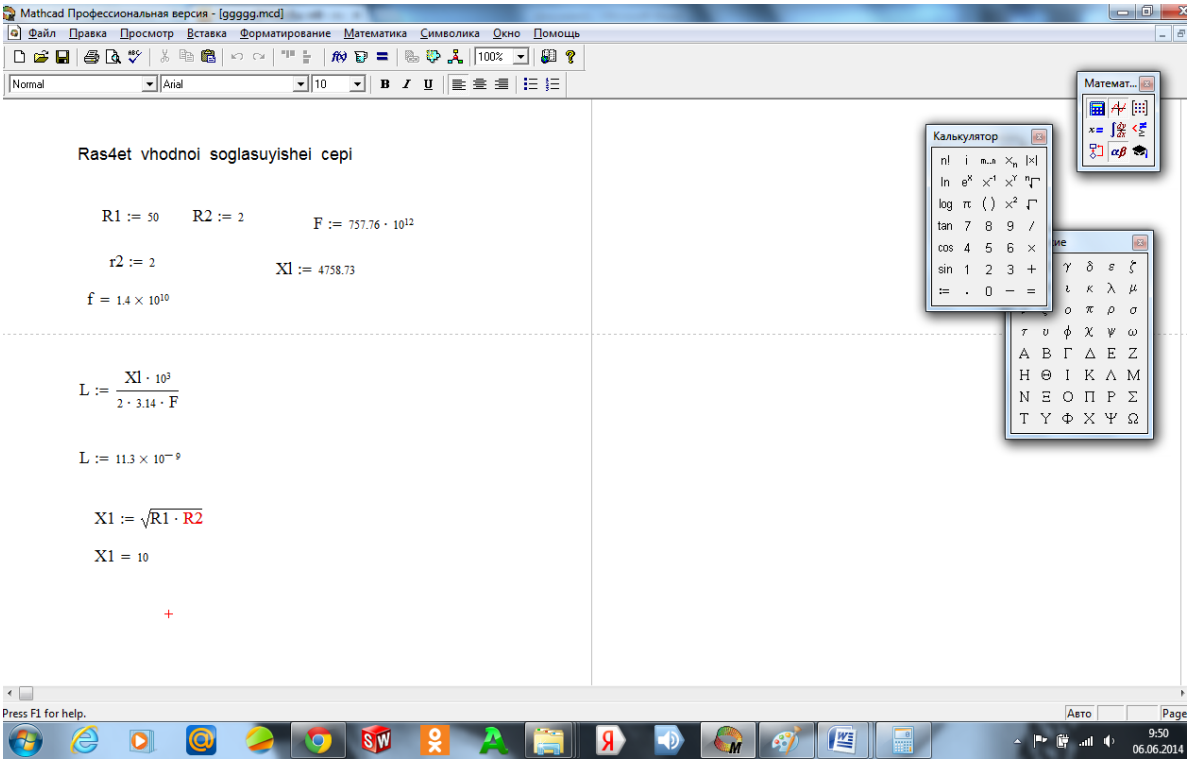


Рисунок Б1- Расчет входной согласующей цепи

Список литературы

1 Молдабеков М.М., Ахмедов Д.Ш., Алипбаев К.А., Елубаев С.А., Сухенко А.С. Об участии Казахстана в международном университетском проекте создания группировки наноспутников.// Материалы международной конференции «Космос на благо человечества – взгляд в будущее», г. Астана, 6-7 января 2011 г. – с. 17-19.
2 Кирилина С.А. Состояние и тенденции развития космической деятельности Российской Федерации //Экономика и управление. Экономические науки. Вып. 11(72) – 2010. – с. 202-206.
3 Севастьянов Н.Н., Бранец В.Н., Панченко В.А., Казинский Н.В., Кондранин Т.В., Негодяев С.С. Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли. // Труды МФТИ № 3, том 1. – 2009. – с. 112-125.
4 Анфимов Н.А.Тенденции развития космической техники на современном этапе // III Международная конференция-выставка «Малые спутники: Новые технологии, миниатюризация. Области эффективного применения в XXI веке». – Королев, 27-31 мая 2002 г. – с. 5-10.
5 URL: http://www.cosmos-journal.ru/articles/686/
6 Храмов Д.А. Миниатюрные спутники стандарта «CUBESAT». № 3, т. 15. – 2009. – с. 20-31.
7 URL: en.wikipedia.org/wiki/Amateur radio station 8
URL: en.wikipedia.org/wiki/Packet radio
9 URL: Terminal Node Controller, en.wikipedia.org/wiki/Terminal node controller
10 URL: www. cubesat.auc.dk, en.wikipedia.org/wiki/Canadian Advanced Nanospace eXperiment Program
11URL:mtech.dk/thomsen/space/cubesat.php
12 URL: www.cubesat.auc.dk, www.ncube.no
13 URL: www.ncube.no
14 URL: www.cubesat.auc.dk
15 URL: www.dynacon.ca/index
16 URL: www.astrofein.com
17 URL: en.wikipedia.org/wiki/Canadian Advanced Nanospace eXperiment Program
18 URL: www.raumfahrt.fh_aachen.de/satellite/index.htm
19 URL: www.nkj.ru/news/11084/
20 URL: http://www.yuzhnoye.com
21 Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981. – 488 с.
22 Йордан Э., Аргила К. Структурные модели в объектно-ориентированном анализе и проектировании. – М: ЛОРИ, 1999. – 264 с.
23 Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. – М: Бином, 2000. – 558 с.

24 Алипбаев К.А., Елубаев С.А., Джамалов Н.К., Бопеев Т.М., Сухенко А.С. Модель датчика горизонта земли. – Материалы международной конференции «Космос на благо человечества – взгляд в будущее», 6-7 января 2011 г., г. Астана. – с. 132-134.
25 Ракишева З.Б., Алипбаев К.А., Сухенко А.С. Анализ этапов разработки нано спутника. // Первый международный Джолдасбековский симпозиум. Казахстан, Алматы, 1-2 марта 2011 г. – с.