

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки Приборостроение
Кафедра Точного приборостроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Наземная система управления малого космического аппарата Cubesat
УДК 629.782:005.3:378.162:001.89

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Шевнин Евгений Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Костюченко Т.Г.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Чистякова Н. О.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А.Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой Точного приборостроения	Бориков В.Н.	Д.Т.Н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки – Приборостроение
Кафедра точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

В.Н. Бориков

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Шевнину Евгению Александровичу

Тема работы:

Наземная система управления малым космическим аппаратом Cubesat

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Наименование объекта исследования: центр управления полетом малого космического аппарата.

Требования к объекту исследования: разработать центр управления полетами, включающий в себя аппаратно-программный комплекс, с целью оперативного управления малым космическим аппаратом Cubesat. Подобрать программное обеспечение для имитации связи с КА для использования в учебном процессе

Требования к особенностям функционирования (эксплуатации): подобранные технические средства комплекса должны быть полностью совместимы друг с другом, а программный интерфейс быть простым и понятным для оператора.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p><i>Проведение аналитического обзора. Изучение возможных способов организации комплекса. Выбор способа организации и структуры комплекса. Выбор технических средств для развертывания комплекса. Выбор программного обеспечения. Проведение опыта по приему и дешифровке сигнала со спутника. Дополнительные разделы для рассмотрения: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», «Вопросы технологии». Выводы по результатам работы.</i></p>
---	---

<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p><i>Сборочный чертеж основания антенной мачты Чертежи сборочных единиц основания антенной мачты</i></p>
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Н.О.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Вопросы технологии	Гормаков А.Н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

<p>Введение Глава 1 Малые космические аппараты стандарта Cubesat Глава 2 Студенческий малый космический аппарат Глава 3 Студенческий центр управления полетами</p>
--

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Костюченко Тамара Георгиевна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Шевнин Евгений Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Шевнину Евгению Александровичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Работа с информацией, представленной в аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<i>Проведение предпроектного анализа; выявление потребностей заказчика; анализ конкурентно-технических решений с позиций ресурсоэффективности и ресурсосбережения; проведение SWOT-анализа; проведение оценки готовности проекта к коммерциализации</i>
2. Разработка устава научно-технического проекта	<i>Определение цели и результата проекта. Организация структуры проекта.</i>
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Проведение оценки экономической эффективности НТИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Шевнин Евгений Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Шевнину Евгению Александровичу

Институт	Институт неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – наземная система управления малым космическим аппаратом Cubesat
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Вредные факторы: 1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Недостаточная освещенность; 3. Повышенный уровень шума; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений; Опасные факторы: 1. Электрический ток.
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия на окружающую среду.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Анализ вероятных ЧС: - пожар; - землетрясение.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Шевнин Евгений Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 140 с, 33 рис., 33 табл., 16 источников, 2 прил.

Ключевые слова: малый космический аппарат, кубсат, наземная система управления, центр управления полетом, телеметрическая информация.

Объектом разработки является наземная система управления малым космическим аппаратом формата Cubesat.

Цель работы: создание общей компоновки всех служебных систем центра управления полётами МКА, описание назначения каждого элемента системы.

В процессе работы использованы типовые подходы: проведены необходимые анализы, рассмотрены обзор и компоновка служебной аппаратуры, проведена работа по 3D моделированию центра управления полётами,

В результате исследования все цели и задачи были достигнуты: спроектированный ЦУП с подобранными служебными системами, программным обеспечением и подходящим оборудованием готов для наблюдения и управления МКА на орбите.

Основными требованиями к ЦУП являются:

- Оперативная работа по приему и обработке телеметрической информации;
- Управление МКА и имитатором;
- Антенная система УКВ 144 МГц и ОВЧ 435 МГц диапазона

Степень внедрения – студенческий ЦУП функционирует на кафедре Точного приборостроения НИ ТПУ.

Применение данного студенческого центра управления полётами – использование в учебном процессе на кафедре точного приборостроения ТПУ для изучения процесса проектирования и управления полетом малых

космических аппаратов, а также анализ технических решений разных типов оборудования для использования их в центре управления полётом.

С точки зрения экономической эффективности студенческий центр управления полётами обладает преимуществом с точки зрения времени разработки, которое составляет до 1 года. Это достигается за счет того, что существует необходимая информация для создания центра управления полётом, а оборудование является доступным и стандартным.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, анализ конструкции в программах T-Flex, выполнение чертежей и 3D моделей в программе T-Flex.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

кубсат, CubeSat: Формат малых (сверхмалых) искусственных спутников земли для исследования космоса, имеющих объем 1 литр и массу не более 1.33 кг или несколько (кратно) более. [1]

космический аппарат (КА): Общее название технических устройств, используемых для выполнения разнообразных задач в космическом пространстве, а также проведения исследовательских и иного рода работ на поверхности различных небесных тел. [2]

малый космический аппарат: Тип искусственных спутников земли, имеющих малый вес и размеры, имеющих более подробную классификацию типов в зависимости от массы

система ориентации малого космического аппарата: Бортовая система космического аппарата, обеспечивающая определённое положение осей аппарата относительно некоторых заданных направлений.

система электропитания (СЭП): Совокупность источников и систем преобразования, передачи и распределения электрической энергии.

центр управления полётами (ЦУП): Наземный комплекс управления, осуществляющий оперативно-техническое руководство работами по приёму телеметрической информации и управлению университетскими малыми космическими аппаратами (МКА) в диапазоне частот, выделенных международными регламентами для проведения экспериментальных радиосвязей. [3]

Обозначения и сокращения

ЦУП – центр управления полётами;

БКУ – блок контроля и управления;

БУ ЭМУ – блок управления ЭМУ;

ЭМУ – электромагнитное устройство;

ВУЗ – высшее учебное заведение;

ДУС – датчик угловой скорости;

ИПД – интерфейс передачи данных;

КА – космический аппарат;

МКА – малый космический аппарат;

СО – система ориентации;

СПП – система приема-передачи;

ТПУ – Томский политехнический университет;

АБ – аккумуляторная батарея;

ДЗ – датчик Земли;

ДМ – двигатель-маховик;

ДС – датчик Солнца;

ЗРУ – зарядно-разрядное устройство;

ИО – исполнительный орган;
РТ – регулятор тока;
СБ – панели солнечных батарей;
ТД – термодатчики;
ЭМИО – электромеханический исполнительный орган;
ЛИД – лазерно-ионный двигатель;
АПУ – антенно-поворотное устройство;
МШУ – малошумящие усилители;
ПК – персональный компьютер;
ПО – программное обеспечение;
УКВ – ультракороткие волны;
ОВЧ – очень высокие частоты;
ИСЗ – искусственный спутник Земли;
ДН – диаграмма направленности.

Оглавление

Введение.....	14
1 Малые космические аппараты стандарта Cubesat	15
2 Студенческий малый космический аппарат.....	17
2.1 Служебные системы и аппаратура на борту МКА	18
2.1.1 Системы телеметрии и телекоманд.....	18
2.1.2 Система ориентации	20
2.1.3 Система электропитания.....	21
2.1.4 Блок управления системами	21
2.1.5 УКВ-передатчик.....	21
2.1.6 Полезная нагрузка.....	22
3 Студенческий центр управления полётами.....	23
3.1 Назначение ЦУПа	23
3.2 Назначение телеметрии.....	23
4 Структура ЦУПа	25
4.1 Антенно-поворотное устройство.....	28
4.1.1 Компьютерный интерфейс АПУ	31
4.2 Антенно-фидерное устройство (АФУ)	32
4.2.1 Основные характеристики антенн.....	32
4.2.1.1 Поляризационные свойства	32
4.2.1.2 Свойства направленности антенн	33
4.2.1.3 Диаграммы направленности антенн	33
4.2.1.4 Параметры направленности	36
4.2.1.5 Входное сопротивление антенны.....	37
4.2.1.6 Коэффициент стоячей волны антенны	37
4.2.1.7 Коэффициент усиления антенны.....	38
4.2.1.8 Радиосвязь с МКА.....	38
4.2.2 Выбор конструкции АФУ	39
4.3 Малошумящие усилители	44

4.4 Трансивер.....	46
4.5 Источник питания	48
4.6 Измеритель мощности и КСВ.....	49
4.7 УКВ усилители мощности	50
4.8 Персональный компьютер	52
4.9 Секвенсор.....	52
4.10 Многопортовый преобразователь интерфейса	53
4.11 Грозоразрядник	53
5 Программное обеспечение	55
5.1 Программы трекинга и управления ротатором	55
5.2 Программы управления трансивером	58
5.3 Программы-декодеры телеметрии	64
5.4 Имитатор малого космического аппарата	70
6 Вопросы технологии.....	74
6.1.2 Напряжение дуги (длина сварочной дуги).....	78
6.1.3 Скорость сварки	78
6.2 Сварка углового соединения таврового типа.....	79
6.3 Зачистка сварочных швов	80
7.1 Предпроектный анализ.....	82
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	82
7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	83
7.1.3 Технология QuaD	84
7.1.4 SWOT-анализ.....	86
7.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации	88
7.2 Инициация проекта.....	90
7.2.2 Организационная структура проекта	91
7.3 Планирование управление научно-техническим проектом	92
7.3.1 План проекта	92
7.3.2 Бюджет научного исследования.....	95

7.3.2.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).....	95
7.3.2.2 Основная заработная плата.....	96
7.3.2.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	97
7.3.2.4 Отчисления на социальные нужды	97
7.3.2.5 Накладные расходы	97
8 Социальная ответственность	101
8.1 Профессиональная социальная безопасность.....	101
8.2 Анализ вредных факторов при работе в центре управления полётами	
102	
8.2.2 Отклонение параметров микроклимата.....	102
8.2.3 Освещение	104
8.2.4 Шум	105
8.2.5 Электромагнитное поле от компьютера	106
Заключение	114
Список публикаций.....	115
Список использованных источников	116
Приложение А	118
Приложение Б.....	133

Введение

В феврале 1994 г. в интервью газете «Мегаполис-Экспресс» академик М. Ф. Решетнев отмечал, что во всем мире заметна тенденция к использованию малых низкоорбитальных спутников связи. Это объясняется, во-первых, их невысокой стоимостью, во-вторых, тем, что при наличии таких спутников потребитель будет пользоваться простыми, дешевыми терминалами. [4]

В любом космическом проекте, весьма важной составляющей является наземный сегмент, предназначенный для управления космическим аппаратом, а так же проведения контроля параметров его полёта. Решение этой задачи возложено на наземный комплекс управления, представляющий из себя совокупность взаимосвязанных технических средств с информационным и математическим обеспечением центра управления полетом (ЦУП), предназначенных для управления КА с момента его вывода на орбиту.

Значимость данной работы тесно связана с разработкой и запуском в 2016 году Национальном Исследовательском Томском политехническом университете студенческого малого космического аппарата на базе размерного стандарта микро и наноспутников – CubeSat. Кафедра точного приборостроения ТПУ принимает активное участие в создании малого космического аппарата.

Предполагаемой целью проектирования центра управления полётами является проведение экспериментальных и образовательных сеансов радиосвязи и управления малых космических аппаратов. Объектом проведения исследований будет имитатор спутника на базе оборудования центра управления и программного обеспечения. Проектирование студенческого ЦУП способствует повышению качества образования, привлечению талантливой, активной, заинтересованной в научно-исследовательской деятельности молодежи к космической тематике на реальных проектах.

1 Малые космические аппараты стандарта Cubesat

В настоящее время задачи, решаемые большей частью космических аппаратов, стали стандартными, а стремительное развитие нано-технологий вывело отрасль массового производства микроэлектроники и других компонентов на столь высокий уровень, что ее можно использовать в космическом приборостроении, а именно на космических аппаратах. В результате стоимость одного спутника и время его разработки уменьшается настолько, что позволяет проводить большее число запусков в максимально сжатые сроки. Стоит сказать, что такой подход предпочтителен на малых (нано- и пикоспутниках), так как отказ оборудования приведет к потере небольшого дешевого аппарата, который может быть легко заменен. В данный момент такой подход успешно реализуется и активно развивается с использованием наноспутниковой платформы Cubesat (кубсат).

Cubesat – размерный стандарт микро и наноспутников Земли, предложенный в 1999 году в США. Особенность Cubesat – фиксированные габариты, которые меняются кратно, т.е. Cubesat 1U (unit) – это куб размером 10x10x10 см, 2U – это два куба в составе одного спутника размером 10x10x20 см, 3U – 10x10x30 см. Пока достигнутый предел – 6U или 10x20x30 см. Под стандарты Cubesat разработаны многие конструкционные элементы, батареи, платы, датчики, системы коммуникации.

Развитие современных высокотехнологичных отраслей позволило создавать малогабаритные космические аппараты при сравнительно небольших затратах времени и средств, что позволяет разрабатывать спутники школам и университетам. При этом они способны решать серьезные научно-технические, исследовательские и промышленные задачи. Фактически происходит становление нового сегмента космической отрасли.

Выведение Cubesat в космос осуществляется, как правило, сразу по несколько единиц либо посредством ракет-носителей, либо с борта пилотируемых и автоматических грузовых космических кораблей и

орбитальных станций. Несколько компаний предоставляет услуги по выводу кубсатов на орбиту. Для размещения на ракете-носителе, космическом корабле или орбитальной станции, запуска и разведения кубсатов американские, итальянские, японские компании разработали многоместные контейнеры-платформы, в т.ч. с револьверным выводом на орбиту.

Развитие микроэлектроники, вычислительной техники, технологий телекоммуникаций создало предпосылки к ускоренной разработке многочисленных проектов малых космических аппаратов (МКА) при сравнительно небольших затратах времени и средств. Появилась возможность создавать КА размерами около 10 см и массой в районе килограмма. На разработку и изготовление КА требовалось всего несколько месяцев и несколько тысяч долларов.

К 2014 г. на орбиту запущена уже почти тысяча «кубсатов», собранных из стандартных компонент, произведенных коммерческими организациями и университетами, стремящимися иметь собственный небольшой спутник для проведения технологических, образовательных и научных экспериментов. Около сотни из них сейчас исправно работают на околоземной орбите, многие имеют открытые каналы передачи данных, работающие в нелицензируемых радиоловительских диапазонах частот. Они могут быть использованы сторонними организациями, например, университетами, для отработки технологий приема и обработки телеметрии, а в некоторых случаях и управления космическими аппаратами.

2 Студенческий малый космический аппарат

Студенческий малый космический аппарат, спроектированный в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предназначен для повышения качества образования по направлению "Приборостроение", привлечения талантливой, активной, заинтересованной в научно-исследовательской деятельности молодежи к космической тематике.

Студенты будут участвовать в проектировании технических систем спутника, моделировании узлов космического аппарата с использованием САД-систем, изготовлении элементов и узлов спутника. Предполагается знакомство с системами управления ориентацией космических аппаратов в реальных условиях эксплуатации через работу с ЦУПом.

Структурная схема МКА приведена на рисунке 1.

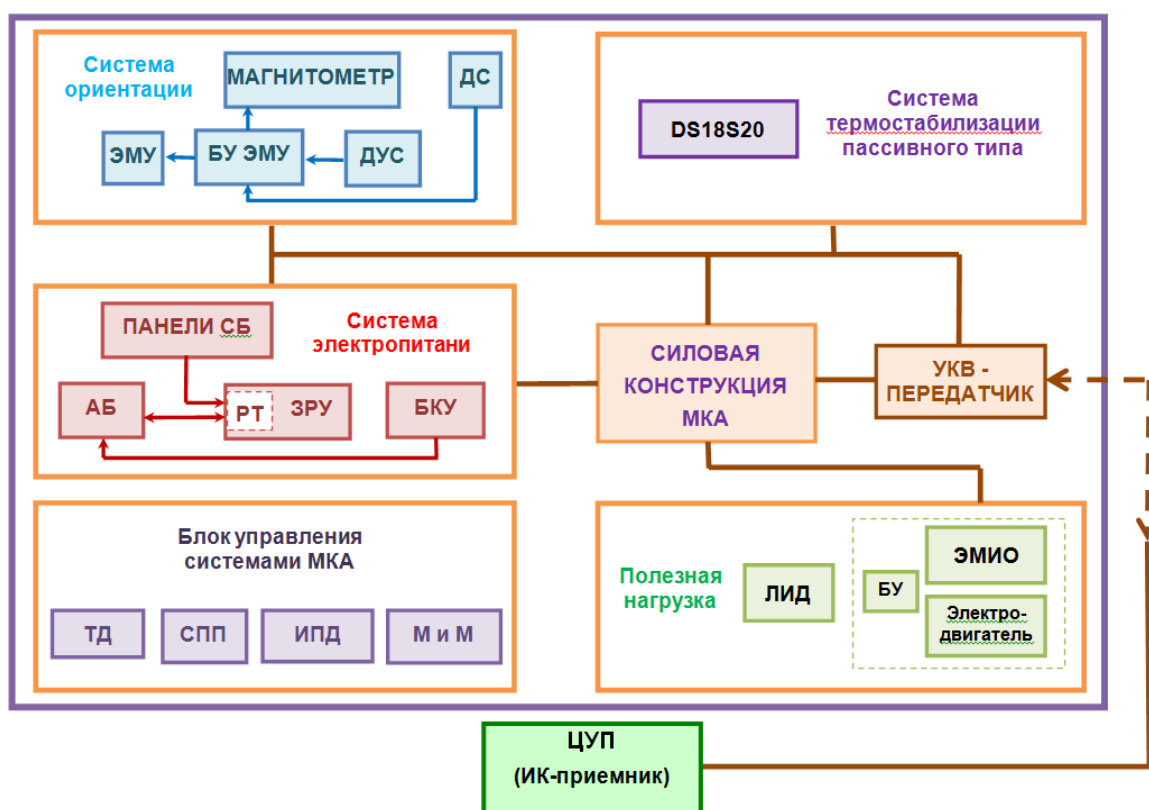


Рисунок 1 – Структурная схема МКА

АБ – аккумуляторная батарея, ДС – датчик Солнца,
ЗРУ – зарядно-разрядное устройство, ЭМУ – электромагнитное устройство,

РТ – регулятор тока, БУ ЭМУ – блок управления ЭМУ, БУ – блок управления, БКУ – блок контроля и управления, ИПД – интерфейс передачи данных, ДУС – датчик угловой скорости, СПП – система приема-передачи, ЛИД – лазерно-ионный двигатель, М и М – микропроцессоры и микроконтроллеры, DS18S20 – датчик температуры, СБ – солнечные батареи, ТД – термодатчики, ЭМИО – электромеханический исполнительный орган.

Запланировано и проведение экспериментов в космическом пространстве. Объектами проведения исследований (целевой нагрузкой) будут одна из модификаций электромеханического исполнительного органа системы ориентации, а также перспективный тип исполнительного органа на основе лазерно-плазменного двигателя.

2.1 Служебные системы и аппаратура на борту МКА

2.1.1 Системы телеметрии и телекоманд

Бортовая ТМ/ТС-система D-диапазона BGD-ТС-B-01-01 (рисунок 2, 3) – бортовой коммуникационный модуль, предназначенный для приема телекоманд и передачи телеметрии. Он может включать одну или несколько радиолиний для управления спутником и приема телеметрии D-диапазона частот. Основные характеристики приемопередающей системы BGD-ТС-B-01-01:

- вид модуляции: GMSK или DQPSK;
- частотный диапазон (прием/передача) 434 – 438 МГц;
- скорость передачи данных 4800 бит/сек борт-Земля, 9600 бит/сек - Земля-борт;
- тип антенны: всенаправленная;
- интерфейс: CAN2B, SpaceWire.

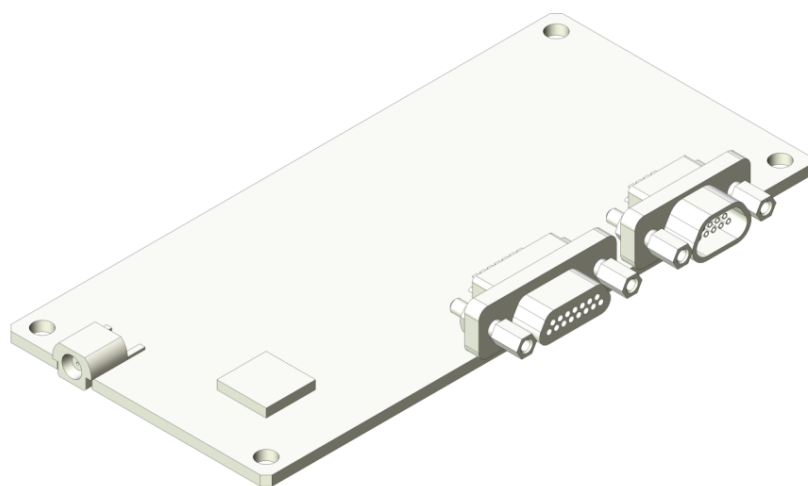


Рисунок 2 – Общий вид системной платы телеметрии и телекоманд



Рисунок 3 – Общий вид антенны D-диапазона

Бортовая приемопередающая система включает память телеметрии и команд объемом до 512 Мб. Специально разработанное специалистами СПУТНИКС программное обеспечение позволяет определять приоритеты хранения телеметрии, а также выполнение временных программ. Обеспечена гибкая система распределения данных телеметрии, загружаемых на борт массивов в памяти системы.

2.1.2 Система ориентации

Система ориентации предназначена для демпфирования угловых скоростей в момент отделения спутника от ракетоносителя и управления угловой ориентацией спутника по заданным алгоритмам (4 режима – 0, 1, 2, 3). В состав системы ориентации входит:

Электромагнитное устройство предназначено для демпфирования начальных угловых скоростей МКА, а также угловых скоростей, возникающих по причине воздействия на МКА внешних и внутренних возмущающих моментов. Для демпфирования угловых скоростей по трём осям в МКА должны быть установлены, как минимум, 3 электромагнитных устройства, расположенные взаимно перпендикулярно.

ДУС (датчик угловых скоростей) предназначен для измерения вектора угловой скорости космического аппарата относительно осей связанной системы координат.

Магнитометр, предназначенный для измерения вектора магнитного поля Земли по трём осям МКА.

Блок управления электромагнитными устройствами (БУ ЭМУ) предназначен для управления электромагнитными устройствами пассивной стабилизации малого космического аппарата. Он представляет собой конструктивно и функционально законченный узел, обеспечивающий одновременное и независимое друг от друга управление тремя электромагнитными устройствами. БУ ЭМУ обеспечивает четыре режима работы ЭМУ:

0 – успокоение космического аппарата после отделения от ракетоносителя;

1 – установление аппарата по линии визирования;

2 – установление аппарата по вертикали места;

3 – восстановление ориентации аппарата после нештатной ситуации.

2.1.3 Система электропитания

Аппаратура управления и контроля средств электропитания (СЭП) МКА предназначена для обеспечения бортовой аппаратуры электроэнергией в соответствии с требованиями, предъявляемыми бортовой аппаратурой к энергопитанию. В состав комплекта СЭП включены:

- панели солнечных батарей;
- аккумуляторная батарея;
- одно зарядно-разрядное устройство аккумуляторной батареи;
- регулятор тока;
- блок контроля и управления (БКУ);
- фильтр.

2.1.4 Блок управления системами

Блок управления системами предназначен для управления и контроля всеми техническими системами МКА в соответствии с заложенными алгоритмами в ручном и автоматическом режимах функционирования МКА.

Блок включает в себя следующие элементы:

- термодатчики;
- систему приема-передачи;
- микропроцессоры и микроконтроллеры;
- интерфейс передачи данных.

2.1.5 УКВ-передатчик

УКВ-передатчик предназначен для передачи и приема телеметрической информации для радиообмена космического аппарата с наземным ЦУПом.

2.1.6 Полезная нагрузка

Выбор вариантов полезной нагрузки определили следующие обстоятельства. В связи с активным развитием направления по созданию малых космических аппаратов большое значение приобретает миниатюризация систем этих аппаратов. Во всем мире интенсивно идут работы по созданию перспективных исполнительных органов систем ориентации на различных физических принципах: электромеханические, плазменные, ионные и т.п.

Исходя из этого, в качестве полезной нагрузки выбраны:

– исполнительный орган системы ориентации малого космического аппарата на базе управляемого по скорости двигателя-маховика. Опытный образец оригинальной конструкции этого исполнительного органа предлагается использовать для угловой ориентации проектируемого МКА. На нем предполагается проверка нескольких технических решений (применение опор скольжения с твердой смазкой, оригинальная плоская конструкция статора);

– лазерно-ионный двигатель, который возможно использовать в качестве исполнительного органа системы ориентации малого космического аппарата (ИФВТ). Принцип работы этого двигателя – создание реактивной силы за счет выброса плазменной струи.

3 Студенческий центр управления полётами

3.1 Назначение ЦУПа

После запуска микроспутника или кубсата возникает задача управления им с Земли. Каждый отдельный университет, практикующий работу с образовательными микроспутниками, как правило, имеет свой центр управления. Как правило, в ЦУПе используется серийная недорогая (характерная стоимость 30-35 тыс. евро) радиолюбительская аппаратура и свободно распространяемое программное обеспечение. В качестве базовой радиостанции используется трансивер с управлением от компьютера.

В Институте неразрушающего контроля ТПУ на кафедре точного приборостроения функционирует центр управления полетами (ЦУП).

Идея создания ЦУПа появилась исходя из следующих целей и задач:

- привлечение школьников и абитуриентов России, ближнего и дальнего зарубежья к научно-исследовательской деятельности в космической области;
- повышение качественного уровня подготовки бакалавров и магистров по направлению «Приборостроение»;
- накопление инновационных идей в области космического приборостроения.

Главным требованием к ЦУПу считается создание полностью автоматической спутниковой пакетной станции, где станция должна автоматически принимать кеплеровские координаты со спутника, синхронизировать время, управлять положением антенн и частотой трансивера, отправлять и принимать почту.

3.2 Назначение телеметрии

Телеметрия – получение информации о значениях измеряемых параметров (напряжения, тока, давления, температуры и т. п.) контролируемых и управляемых объектов методами и средствами телемеханики.

Все искусственные спутники Земли (ИСЗ) имеют в составе своей бортовой аппаратуры блок телеметрии, который собирает информацию о параметрах работы систем спутника и по радиоканалу отправляют полученные данные на Землю. Многие ИСЗ (радиолюбительские и университетские микроспутники) предоставляют возможность любому человеку, при наличии у него соответствующего оборудования, принимать телеметрию и декодировать её. Более того, большинство владельцев этих ИСЗ (в основном – это университеты и сообщества радиолюбителей) весьма заинтересованы в том, чтобы как можно большее число людей принимало, декодировало и отправляло владельцам телеметрию их ИСЗ. И это не удивительно – ведь основной центр приёма информации и управления (ЦПИУ) ИСЗ находится в конкретной точке поверхности Земли (как правило, такие центры создаются на базе университетов-владельцев ИСЗ), а область околоземного пространства, из которого эти центры могут получать информацию со своего ИСЗ, когда он в неё входит, ограничена. Это приводит к тому, что владельцы ИСЗ не могут получить данные телеметрии, когда спутник находится вне области видимости ЦУПа, т.е. по сути, не знают, что с ним происходит. Последствия этого могут быть самые плачевные – примером тому может служить инцидент 7 марта 2007 г. со спутником "Университетский – Татьяна" МГУ РФ. Спутник, после ухода из зоны видимости ЦУПа (расположен в МГУ, Москва) на следующем витке перестал подавать какие-либо сигналы. Что с ним случилось, пока он пребывал вне зоны видимости, так и осталось неизвестным, вызвав, тем самым, множество домыслов. Если бы имелась информация о работе бортовых систем вне зоны видимости ЦУПа то, возможно, удалось бы если не спасти спутник, то хотя бы понять причину его выхода из строя. [5]

Всё вышесказанное лишний раз доказывает необходимость развертывания наземной системы для приема телеметрической информации и управления МКА.

4 Структура ЦУПа

Для определения структуры ЦУПа был проведен поиск и анализ доступной информации по научно-технической литературе и сети Интернет. Изучался опыт организации подобных центров, реализованных в других ВУЗах и частных любительских станций спутниковой связи.

Исходя из целей и задач была определена структура ЦУПа ТПУ (рисунок 2), который предполагает возможность обучения студентов, школьников и других заинтересованных лиц способам обмена телеметрической информацией с малыми космическими аппаратами; общение с экипажами Международной космической станции; наблюдение за космическим пространством; получение практических навыков работы с приемо-передающей аппаратурой.

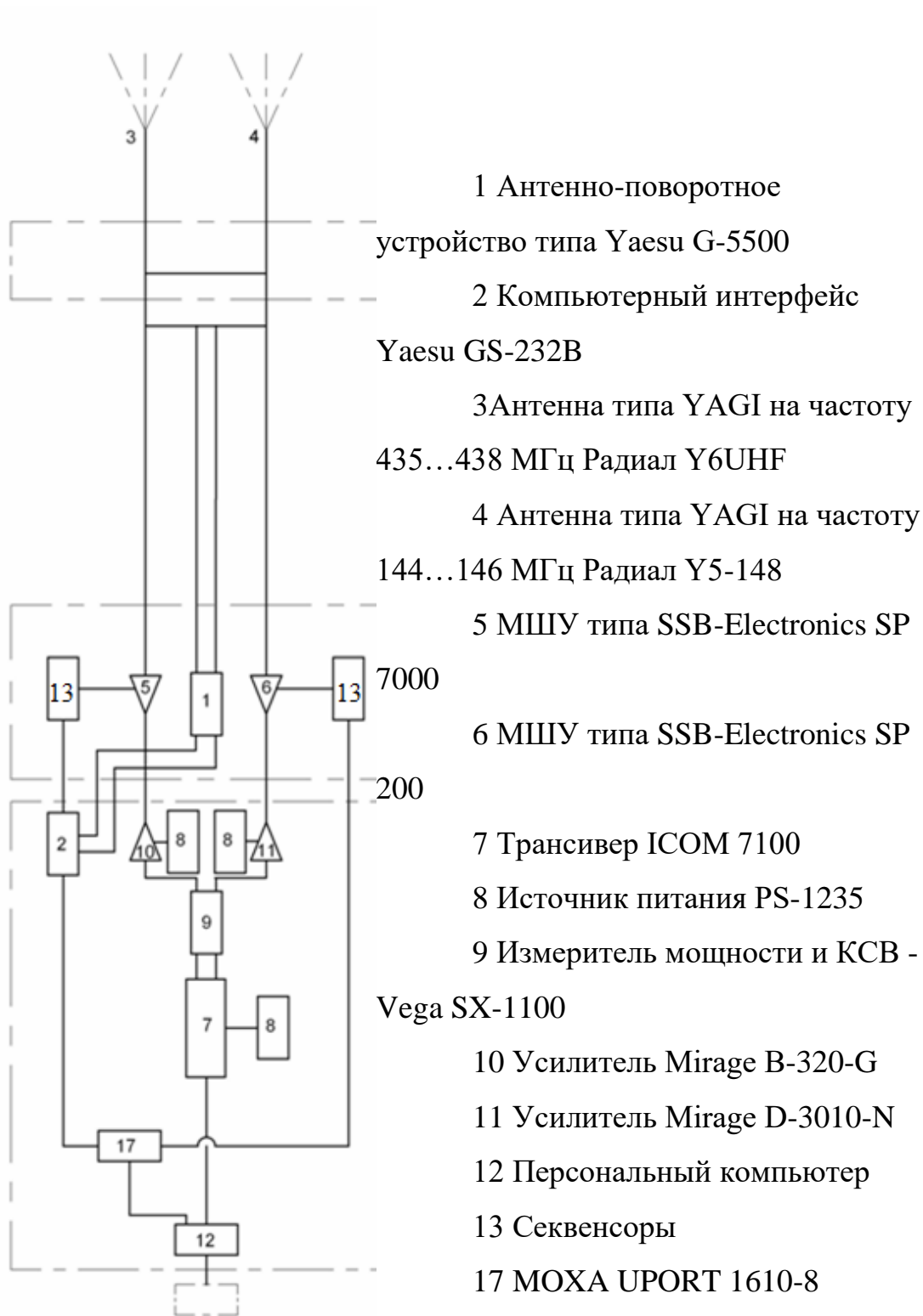


Рисунок 2 – Блок-схема ЦУП.

Общий вид ЦУПа в виде 3D моделей приведен на рисунках 3, 4.



Рисунок 3 – Приемопередающее и управляющее оборудование станции

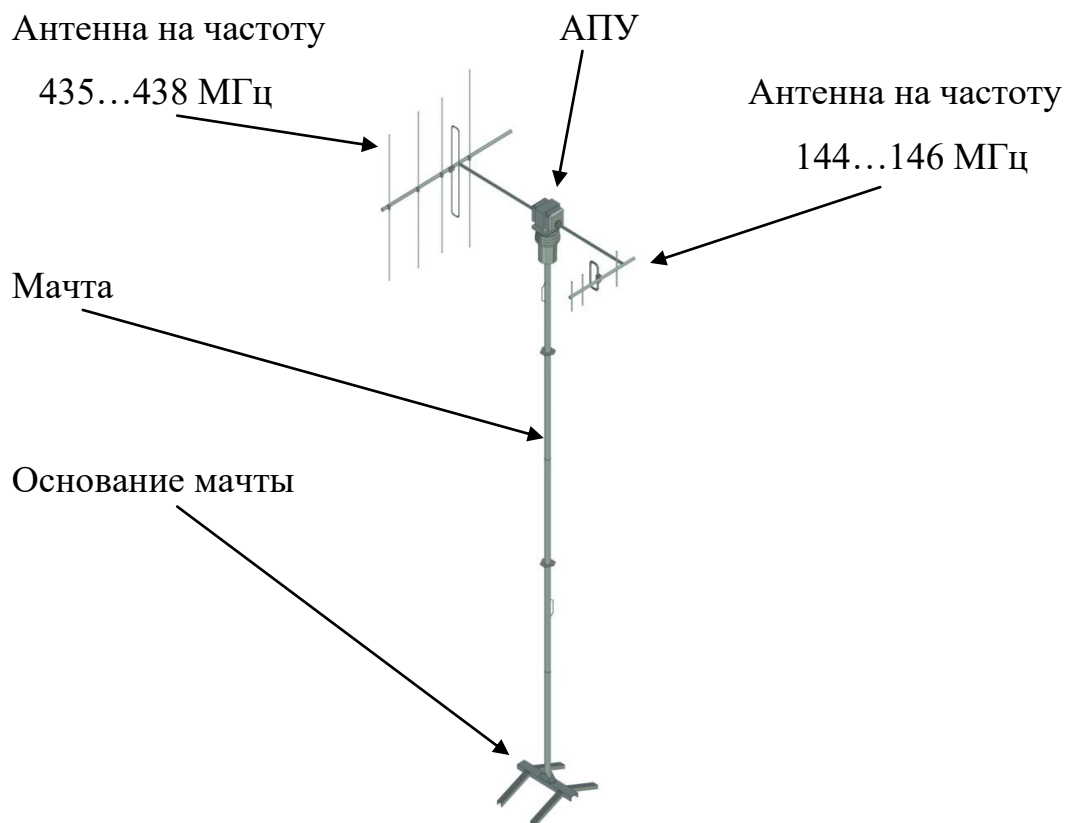


Рисунок 4 – Антенная система наземной станции

Основными элементами станции являются трансивер ICOM-7100, антенная система из двух многоэлементных турникетных антенн (на частотный

диапазон 145 и 435 МГц) типа Yagi с опорно-поворотным устройством Yaesu G-5500 и компьютерным интерфейсом управления Yaesu GS-232B. Кроме того, в системе применяются малошумящие усилители на прием типа SSB Electronics, усилители мощности сигнала Mirage, измеритель мощности и КСВ типа Vega, преобразователь интерфейсов MOXA UPORT и периферийные устройства, обеспечивающие согласованную работу элементов станции при проведении сеансов спутниковой связи, которая обеспечивается персональным компьютером с соответствующим программным обеспечением.

4.1 Антенно-поворотное устройство

Антенно-поворотное устройство (АПУ) позволяет вращать антенны как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Поворотное устройство – один из элементов конструкции антенной системы. Оно служит для того, чтобы обеспечить необходимый угол поворота антенны. Современные технические решения позволяют осуществлять плавный автоматический старт и остановку антенны.

Основное требование, предъявляемое к АПУ – обеспечение ориентации антенн в двух плоскостях на спутник и наличие канала связи с компьютером.

Антенно-поворотное устройство состоит из двух узлов: собственно поворотного устройства, устанавливаемого на вершине антенной мачты и блока управления с индикаторами положения антенн и разъемом внешнего компьютерного управления, располагаемого на рабочем столе.

Функции поворотного устройства могут выполнять такие двухплоскостные ротаторы как AlfaSpid RAS или Yaesu G-5500 с блоком дистанционного управления.

Каждое из устройств имеет свои особенности. Как заявляет производитель АПУ AlfaSpid, устройство имеет стальной корпус, тогда как поворотные блоки Yaesu заключены в алюминиевый корпус, отлитый под давлением и покрытый меламиновой смолой, что обеспечивает

функционирование в любых климатических условиях. По отзывам пользователей АПУ AlfaSpid имеет недостаток – необходимость частой калибровки угла подъема на контроллере. По данным владельцев, сбой в показаниях контроллера может происходить при внезапном пропадании напряжения питания контроллера.

АПУ Yaesu G-5500 (рисунок 5) обеспечивают угол поворота 450 градусов, автоматический плавный старт и остановку. Аналоговый пульт управления с подсветкой оснащен круглым указателем положения антенны с подвижной шкалой азимутов для калибровки после установки антенны и имеет светодиодный индикатор "перехлеста" кабеля.



Рисунок 5 – Антенно-поворотное устройство Yaesu G-5500 с пультом дистанционного управления

Проанализировав доступную информацию по АПУ, среди устройств для использования в студенческом ЦУПе было выбрано устройство Yaesu G-5500, характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики АПУ Yaesu G-5500

Параметр	Значение
Требуемый кабель	12-проводной
Напряжение питания	117/220 В
Точность наведения	$\pm 4^\circ$
Тормозящий момент	
Азимутальный ротатор	40.0 кг * м
Ротатор угла места	40.0 кг * м
Вращающий момент	
Азимутальный ротатор	14.0 кг * м
Ротатор угла места	6.0 кг * м
Диаметр мачты	38-63 мм
Диаметр штанги	32-43 мм
Вертикальная нагрузка	
Азимутальный ротатор	30.0 кг * м
Ротатор угла места	200.0 кг * м
Время поворота	
Азимутальный ротатор	70 сек
Ротатор угла места	80 сек
Площадь парусности	1.0 м ²
Вес	7.5 кг (мотор)
Время непрерывного вращения мин	5 мин
Диапазон рабочих температур	Блок управления – (0 + 40 °С) Мотор – (-20 + 40 °С)

4.1.1 Компьютерный интерфейс АПУ

Интерфейс для управления поворотными устройствами Yaesu GS-232B (рисунок 6) обеспечивает управление всеми функциями поворотных устройств Yaesu при подключении через последовательный порт RS-232 (COM) к персональному компьютеру. Последовательный порт интерфейса может быть сконфигурирован для работы со скоростями обмена от 1200 до 9600 бод. На задней панели интерфейса расположен стандартный разъем типа DB-9 для подключения ПК с помощью обычного последовательного кабеля.



Рисунок 6 – Интерфейс управления АПУ Yaesu GS-232B

Внутреннее программное обеспечение интерфейса Yaesu GS-232B поддерживает выполнение команд, вводимых напрямую с клавиатуры компьютера или команд от внешних программ. В дополнение к возможностям считывать и устанавливать направление и скорость вращения антенны, внутреннее ПО интерфейса имеет программы для автоматического передвижения антенны по запрограммированному интервалу среди 3800 значений угла поворота для того, чтобы, к примеру, сканировать диапазон на открытие прохождения или производить поиск спутников.

4.2 Антенно-фидерное устройство (АФУ)

Антенно-фидерное устройство – важный элемент коротковолновой любительской радиостанции, состоящий из передающей и приемной антенн.

Передающая антенна преобразовывает энергию переменного электрического тока в энергию электромагнитного поля, распространяющегося от антенны в окружающее пространство. Приемная антенна конструктивно не отличается от передающей, но выполняет обратную задачу.

Диапазон длин волн, пригодных для связи с космическим объектом, определяется условиями прохождения через атмосферу Земли. Т. к. радиоволны, частота которых $< 5-30$ МГц, не проходят через ионосферу, а волны с частотой $> 6-10$ ГГц поглощаются в тропосфере, то волны от космического объекта могут приниматься на Земле при частотах от ~ 30 МГц до 10 ГГц. Однако и в этом диапазоне атмосфера Земли не полностью прозрачна для радиоволн. Вращение плоскости поляризации при прохождении через ионосферу при приёме на обычную антенну приводит к потерям, которые уменьшаются с ростом частоты. Только при частотах > 3 ГГц ими можно пренебречь. Эти условия определяют диапазон радиоволн для дальней связи на УКВ при использовании спутников. [6]

4.2.1 Основные характеристики антенн

4.2.1.1 Поляризационные свойства

Прежде чем рассматривать другие электрические характеристики антенн, необходимо остановиться на одном из их свойств, которое не зависит от частоты передаваемого сигнала, а определяется только ориентацией элементов антенны в пространстве. Речь идет о способности антенн передавать и (согласно принципу обратимости) принимать вертикально- или горизонтально-поляризованные волны, т.е. о поляризационных свойствах антенн. Частотно-независимым свойством антенн, которое определяется только

пространственной ориентацией их элементов (вибраторов), является поляризация. Вертикально поляризованные волны излучаются и принимаются антеннами с вертикальным расположением вибраторов, а горизонтально поляризованные – антеннами с горизонтальным расположением вибраторов.

4.2.1.2 Свойства направленности антенн

Другим основным свойством любой антенны является свойство направленности ее излучения и приема, а соответствующей этому свойству основной электрической характеристикой служит диаграмма направленности антенны. Свойства направленности антенны удобнее рассматривать на примере ее работы в режиме приема (не забывая о принципе обратимости). Следует сразу отметить, что всенаправленные или абсолютно ненаправленные антенны, одинаково принимающие сигналы со всех направлений, в природе не существуют. Направленность свойственна любой реальной антенне, но в наименьшей степени она свойственна простейшей антенне-симметричному вибратору (диполю), состоящему из двух прямолинейных проводников одинаковой длины, разделенных небольшим зазором. Для приема вертикально-поляризованной волны вибратор (как уже указывалось в предыдущем разделе) должен располагаться вертикально. При этом, откуда бы (под каким бы углом-азимутом) ни пришла РВ в горизонтальной (азимутальной) плоскости (называемой Н- плоскостью), ЭДС на зажимах принимающего диполя будет одной и той же. То есть вертикальный диполь в горизонтальной плоскости (Н-плоскости) направленными свойствами не обладает.

4.2.1.3 Диаграммы направленности антенн

Основной характеристикой направленных свойств антенны является ее диаграмма направленности. Диаграммой направленности антенны (в данном случае приемной, с учетом сделанной оговорки об обратимости) называется

наглядное (графическое) изображение зависимости, измеряемой на выходе этой антенны ЭДС от угла прихода волны в рассматриваемой плоскости по отношению к максимальному измеренному в этой плоскости значению ЭДС, которое принимается за единицу. Отсчет угла прихода радиоволны ведется при этом от направления приема максимальной ЭДС. Такая диаграмма направленности (ДН) носит название нормированной ДН по ЭДС (или по полю) в линейном масштабе. В каталогах антенн приводятся только их нормированные ДН отдельно в горизонтальной плоскости (Н-плоскости) и отдельно в вертикальной плоскости (Е-плоскости), а для ненаправленных антенн-только в вертикальной плоскости, но иногда они изображаются на одном рисунке разными цветами или разными линиями (например, сплошными и пунктирными). Те и другие ДН (в Н-плоскости и в Е-плоскости) могут изображаться (и практически одинаково часто) в полярной или в прямоугольной (декартовой) системе координат.

По сравнению с симметричным вибратором, который, как уже отмечалось, в плоскости, перпендикулярной его оси, является ненаправленной антенной и иногда называется антенной с круговой ДН (рисунок 7), гораздо более высокой направленностью, причем в обеих плоскостях Е и Н, обладают антенны типа Yagi (рисунок 8). Эти антенны состоят из двух или большего числа симметричных вибраторов, расположенных в одной плоскости. Один из вибраторов (к которому подключается фидер антенны) является полуволновым для одной из частот рабочего диапазона антенны. Такие антенны хорошо принимают сигналы своего диапазона в пределах сравнительно небольшого пространственного угла и достаточно эффективно ослабляют ненужные отраженные сигналы, а также помехи, приходящие с других направлений, отличающихся от направления прихода основного полезного сигнала.

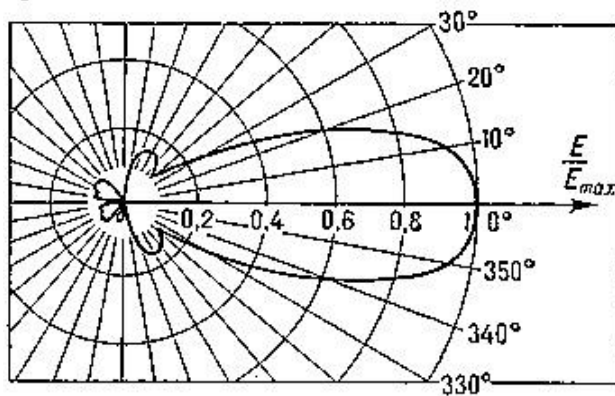


Рисунок 7 – Диаграмма направленности антенны типа Yagi

E – Напряженность электромагнитного поля;

E_{\max} – Напряженность электромагнитного поля в направлении максимального излучения.

Диаграммы направленности таких антенн многолепестковые: кроме основного (главного) лепестка, они имеют несколько боковых и задних лепестков, в зависимости от числа вибраторов, и являются наиболее наглядными и удобными для иллюстрации и числовой оценки направленных свойств антенн.

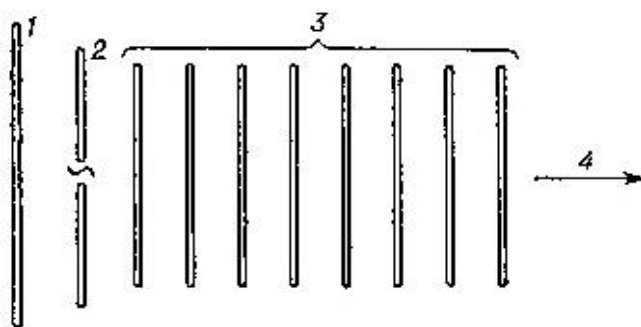


Рисунок 8 – Антенна типа Yagi

- 1) Рефлектор;
- 2) Активный вибратор;
- 3) Директоры;
- 4) Направление максимального излучения.

4.2.1.4 Параметры направленности

Для числовой оценки направленности служат понятия об угле раствора главного лепестка ДН (или о ширине ДН) и об уровнях боковых и задних лепестков ДН.

Углом раствора главного лепестка ДН называется угол, на границах которого ЭДС на выходе приемной антенны уменьшается до уровня (до относительного значения), равного 0,707 от максимальной величины, принятой за 1. Это относится к ДН по полю.

Угол раствора главного лепестка ДН по мощности – это такой угол, на границах которого мощность, выделяемая в согласованной нагрузке, подключенной к выходу антенны, уменьшается до уровня 0,5 по отношению к максимальной мощности, принятой за 1. То есть в данном случае мы определяем угол раствора главного лепестка ДН антенны по половинной мощности (при ослаблении на 3 дБ).

Углы раствора главных лепестков диаграмм направленности одной и той же антенны по полю и по мощности одинаковы. Поэтому, говоря об угле раствора главного лепестка ДН антенны, подразумевают один и тот же угол, в пределах (на границах) которого ЭДС на разомкнутых зажимах приемной антенны (или напряжение на ее согласованной нагрузке) снижается до уровня 0,707, а мощность в нагрузке – до уровня 0,5.

Чем меньше углы в обеих плоскостях α_E и α_H , тем выше (лучше) направленные свойства антенн. Направленность (H и E) антенны типа Yagi повышается не с увеличением числа ее пассивных вибраторов (директоров), а с удлинением самой антенны. А ее длина от числа вибраторов зависит лишь косвенно.

4.2.1.5 Входное сопротивление антенны

Следующим основным параметром антенны является ее входное сопротивление (импеданс). Входное сопротивление ($Z_{вх}$) – это отношение напряжения к току на входе антенны. $Z_{вх}$ является комплексной величиной:

$$Z_{вх} = R_{вх} + iX_{вх}, Z_{ех} = R_{ех} + iX_{ех} \quad (1)$$

где $R_{ех}$ – активная составляющая,

$X_{ех}$ – реактивная составляющая емкостного или индуктивного характера.

Отдача мощности из приемной антенны в нагрузку (например, в фидерную линию) зависит от соотношения между входным сопротивлением нагрузки и входным сопротивлением антенны, которое в данном случае рассматривается как внутреннее сопротивление источника сигнала.

При неизменных размерах антенны, например, симметричного вибратора, ее входное сопротивление зависит от частоты (длины волны), а при неизменной частоте (длине волны) – от размеров антенны.

4.2.1.6 Коэффициент стоячей волны антенны

Одним из основных параметров любой антенны, характеризующим качество ее согласования с нагрузкой (с фидерной линией) является КСВ, который обычно приводится в паспорте антенны.

По формуле КСВ определяется как отношение суммы напряжений прямой и отраженной волны к их разнице. Величина КСВ антенны всегда больше или равна единице.

Иными словами, при КСВ=1 мощность, подведенная от передатчика к антенне, полностью была излучена в эфир. Режим полного согласования антенны с фидерной линией называется режимом бегущей волны.

При КСВ=1 потери сигнала составляют 0%, при КСВ=1,5 – 3%, при КСВ=2 – 11%, при КСВ=5 – 44%, при КСВ=10 – 70%.

Согласование антенны с фидером считается удовлетворительным, если $K_{CB} < 2,0$, и признается хорошим при $K_{CB} < 1,5$.

4.2.1.7 Коэффициент усиления антенны

Усиление антенны связано со свойствами ее направленности, достигаемой ее конструктивными особенностями.

Коэффициент усиления антенны приводится в единицах dBi. В единицах dBi измеряется усиление антенны по отношению к изотропному излучателю, представляющему воображаемую идеальную точечную всенаправленную антенну с КПД равным 100%.

4.2.1.8 Радиосвязь с МКА

Для радиосвязи с малыми космическими аппаратами необходимы антенны на определенный диапазон частот:

Ультравысокие частоты УВЧ на приём сигнала с МКА – 30 – 300 МГц (длина волны 10—1 м);

Очень высокие частоты ОВЧ на передачу сигнала на МКА – 300 – 3000 МГц (длина волны 1—0,1 м).

Выраженная в метрах длина волны в свободном пространстве и частота, выраженная в мегагерцах, связаны простой зависимостью (формула 2).

$$\lambda = \frac{c}{f}, \text{ мм} \quad (2)$$

где λ – длина волны, мм;

c – приближенное значение скорости света в пустоте (300 000 км/ч);

f – частота, МГц.

Из этой формулы следует, что длина волны λ для частотного диапазона 435 МГц приемной антенны будет равна (формула 3):

$$\lambda = \frac{300000 \text{ км/ч}}{435 \text{ МГц}} = 2000 \text{ мм}, \quad (3)$$

А длина волны для передающей антенны (формула 4):

$$\lambda = \frac{300000 \text{ км/ч}}{144 \text{ МГц}} = 700 \text{ мм} \quad (4)$$

4.2.2 Выбор конструкции АФУ

Направленные антенны позволяют добиться большей эффективности работы радиостанции. Выигрыш в режиме передачи состоит в том, что уровень сигнала, принимаемого корреспондентом, будет выше на величину усиления антенны. В режиме приема принимаемый сигнал также будет выше на величину усиления антенны, но кроме того будут дополнительно ослаблены помехи, приходящие с направлений, отличных от направления на полезный сигнал. Этот выигрыш часто оказывается наиболее важным с точки зрения эффективности связи, поэтому антенны настраивают не по максимальному усилению, а по максимальному отношению усиления в прямом и обратном направлениях. Одной из широко распространенных типов направленных антенн является антенна типа Yagi (Рисунок 6). [7]

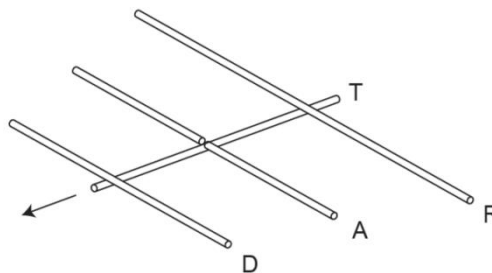


Рисунок 6 – Антенна типа Yagi

Конструктивно антенна типа Yagi выполнена в виде ряда параллельных линейных электрических вибраторов длиной, близкой к 0,5 длины волны, расположенных в одной плоскости вдоль линии, совпадающей с направлением максимального излучения. В этой антенне один из вибраторов (активный) служит для подвода энергии высокочастотных колебаний; в остальных

вibratorах (пассивных) наводятся (возбуждаются) электрические токи вследствие пространственной электромагнитной связи между ними и активным vibratorом, фаза токов в рефлекторе и директорах, регулируемая изменением их длины, устанавливается таким образом, что вдоль антенны, в направлении от рефлектора к директорам, образуется бегущая волна. При регулировке антенны директора укорачивают на 4—10%, а рефлектор удлиняют на 5—10% по сравнению с активным vibratorом, длина которого немного меньше $0,5\lambda$; расстояние между vibratorами обычно равно $0,1\lambda$ — $0,3\lambda$ длины рабочей волны. Коэффициент направленного действия такой антенны растёт с увеличением числа пассивных vibratorов и доходит до 20—30.

Антенны с большим числом пассивных элементов широко применяются в диапазоне коротких волн в качестве направленных излучателей. Однако в диапазоне УКВ применение их в качестве приемных антенн для радиолобительских диапазонов еще шире. Такое предпочтение, оказываемое антеннам типа Yagi, связано с тем, что при незначительных конструктивных расходах и небольшой занимаемой площади эти антенны дают чрезвычайно большие коэффициенты усиления. Если, например, сравнивать антенну типа Yagi и многоvibratorную антенну с одинаковым числом элементов, то антенна типа Yagi при меньших размерах и меньшем расходе конструктивных материалов дает больший коэффициент усиления (однако это лишь теоретически; практически же это превосходство невелико). [8]

Зависимость усиления антенны от ее длины показана на рисунке 6.

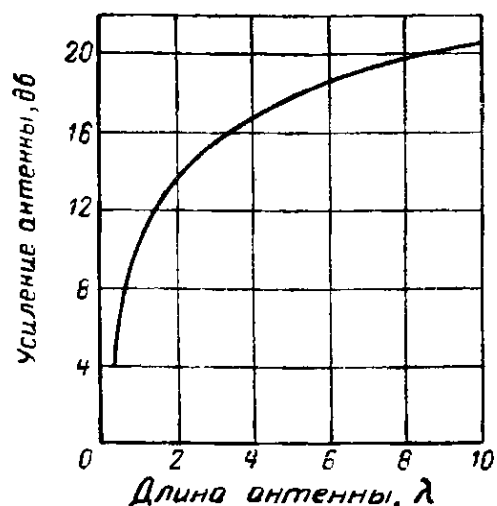


Рисунок 6 – Усиление антенны в зависимости от ее длины

Антенны типа Yagi широко применяются в радиолюбительской связи. Широкому их распространению способствуют высокое усиление, хорошая направленность, компактность, простота, небольшая масса. Исходя из этих показателей, в качестве АФУ в ЦУПе ТПУ применяются две антенны типа Yagi на частоту 435...438 МГц (рисунок 7), на частоту 134...146 МГц (рисунок 8).



Рисунок 7 – Антенна типа Yagi на частоту 435...438 МГц

Характеристики антенны Yagi на частоту 435...438 МГц приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Электрические и механические характеристики антенны типа Yagi на частоту 435...438 МГц

Параметр	Значение
Рабочий диапазон частот	435-475 МГц
КСВ, не хуже	1.5
Усиление	11,15 dBi
Сопротивление	50 Ом
Допустимая мощность	400 Вт
Вес	2.45 кг
Габариты антенны	1100x350x120 мм
Материал антенны	АД-31
Диаметр мачты	38-65 мм
Допустимая скорость ветра	45 м/с
Площадь ветрового сопротивления	0,04 м ²
Нагрузка при боковом ветре 45 м/с	50 Н
Допустимая скорость ветра при обледенении (12 мм льда)	28 м/с
Диапазон рабочих температур	-50 до +50 ° С.
Разъем	N-мама



Рисунок 8 – Антенна типа Yagi на частоту 144...146 МГц

Характеристики антенны Yagi на частоту 144...146 МГц приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Электрические и механические характеристики антенны типа Yagi на частоту 144...146 МГц

Параметр	Значение
Рабочий диапазон частот	148-157 МГц
КСВ, не хуже	1.5
Усиление	10.15 dBi
Сопротивление	50 Ом
Допустимая мощность	200 Вт
Вес	3,44 кг
Габариты антенны	1680x950x60 мм
Материал антенны	AD-31

Диаметр мачты	38-65 мм
Допустимая скорость ветра	45 м/с
Площадь ветрового сопротивления	0,12 м ²
Нагрузка при боковом ветре 45 м/с	50 Н
Допустимая скорость ветра при обледенении (12 мм льда)	28 м/с
Диапазон рабочих температур	-50 до +50 ° С.
Разъем	N-мама

4.3 Малошумящие усилители

МШУ (Малошумящий усилитель) – устройство, входящее в состав наземной системы управления и используемое для повышения чувствительности приемника в восходящем направлении UL (Uplink). МШУ устанавливается в непосредственной близости от антенн и требует внешнего электропитания.

Малошумящим данный усилитель назван потому, что он выполняется с основным требованием – вносить как можно меньше помех в усиливаемый сигнал. Это достигается за счет использования высококачественных и дорогостоящих материалов, а также сложных схем шумоподавления.

Применение МШУ позволяет добиться следующих преимуществ:

1) Уменьшает число ошибочно принятых пакетов, что, в конечном счете, приводит к улучшению показателей работы системы: снижению числа отбоев, повторных передач;

2) Увеличивает качество соединения, а это, в свою очередь, приводит к улучшению качества голосовых соединений и увеличению скорости передачи данных.

В ЦУПе ТПУ применяются два МШУ на прием. МШУ типа SSB-Electronic SP-7000 на работу в 70-см диапазоне частот и SSB-Electronics SP-200 на работу в 2-м диапазоне частот. Схемы усилителей построены на основе малошумящих полупроводниковых усилительных каскадов, имеющих защиту от мощного высокочастотного сигнала, и содержат в своем составе высокодобротные спиральные фильтры.

Напряжение питания может подаваться на усилитель такого типа дистанционно (по антенному кабелю через инжектор питания) или напрямую через специально предусмотренный разъем питания.

Технические характеристики МШУ типа SSB-Electronic SP-7000 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики МШУ типа SSB-Electronic SP-7000

Параметр	Значение
Частотный диапазон	430-440 МГц
Коэффициент усиления	10-20 дБ
Коэффициент шума	0,9 дБ
Напряжение питания	12-14 В
Потребляемый ток	250 мА

Технические характеристики МШУ типа SSB-Electronic SP-200 приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики МШУ типа SSB-Electronic SP-200

Параметр	Значение
Частотный диапазон	145-146 МГц
Коэффициент усиления	10-20 дБ
Коэффициент шума	0,5 дБ

Напряжение питания	12-14 В
Потребляемый ток	200 мА

4.4 Трансивер

Трансивер – радиостанция, выполненная по трансиверной схеме, когда часть функциональных узлов работает как на приём, так и на передачу. В отличие от радиостанций, представляющих собой независимые приёмник и передатчик, в трансивере автоматически согласовываются рабочие частоты приёма и передачи, уменьшается количество органов управления, конструкция может быть легче и дешевле.

В конструкцию трансивера входят элементы, работа которых последовательно зависит во всей системе. Так, сигнал, поступивший к коротковолновому трансиверу, принимается специальным устройством – приемником. В других радиостанциях приемник и передатчик работают отдельно друг от друга, но в трансивере они соединены, что позволяет уменьшить вес прибора и его себестоимость. После приемника сигнал на своей определенной частоте проходит через функциональные механизмы прибора. Усилительные тракты и фильтры работают с принятым сигналом, очищая его и усиливая для качественного принятия и обработки. Для дальнейшей передачи сигнала на другие устройства в работу подключаются гетеродины и синтезаторы частот, в конструкцию которых входят радиоэлектронные смесители. Они обеспечивают преобразование сигнала в другую частоту, синтезируют волновые колебания для дальнейшего потока сигнала. Непосредственно новообразованный либо преобразованный сигнал передается дальше через передатчик - последний элемент в данной системе.

Трансивер для ЦУПа МКА должен отвечать следующим требованиям:

- Возможность работы с 9600 bps пакетным контроллером;

- наличие системы компьютерного управления (CAT);
- Трансивер должен распознавать все режимы модуляции, используемые радиолюбителями: FM, USB, LSB, CW, AM, AFSK, 9600 бод, 1200 бод;
- Диапазон частот, используемый спутниками Cubesat (145 МГц и 435 МГц);
- Компенсация эффекта Доплера.

Наиболее популярной моделью, используемой практически во всех проектах системы управления полетами малых космических аппаратов, удовлетворяющим этим требованиям была IC-910H. Но в настоящее время он снят с производства. Поэтому из анализа рынка коммерческих трансиверов КВ/УКВ диапазона был сделан вывод, что в настоящее время предъявленным требованиям удовлетворяют два трансивера – это трансивер Kenwood TS-2000 X и ICOM-7100. Данные трансиверы имеют примерно равную выходную мощность, вполне достаточную для работы со спутником без внешнего усилителя.

Была выбрана менее дорогостоящая, подходящая по требуемым критериям современная модель ICOM-7100 (рисунок 9).



Рисунок 9 – Трансивер ICOM-7100

Главные особенности ICOM-7100:

- Выходная TX мощность: HF (100W) / 50 MHz (100W) / 70 MHz (50W) / 144 MHz (50W) / 430 MHz (35W);
- Все виды модуляции – SSB, CW, AM, FM, RTTY декодирование, D-STAR DV;
- КСВ-метр на всех диапазонах;
- Удаленное включение и выключение;
- Мощный процессор;
- Слот для SD карты, запись голоса;
- Аудио вход/выход через USB;
- Напряжение питания 13,8 Вольт.

Выбранная модель отвечает всем вышеперечисленным требованиям к качественной радиосвязи и является наиболее подходящей для работы радиостанции.

4.5 Источник питания

Источник питания (ИП) предназначен для обеспечения бесперебойного питания радиоэлектронной аппаратуры, средств радиосвязи и ретрансляторов связи – стабилизированным постоянным напряжением 13,8 В и током до 70 А.

Требования к ИП:

- Входное напряжение ~ 220 В;
- Выходное напряжение 13,8 В;
- Защита от перегрузки, КЗ, повышенного и пониженного напряжения сети;
- Надежность.

Среди источников бесперебойного питания, подходящих по требованиям, были рассмотрены такие варианты как Vega PSS-3035 и SIRUS PS-1235.

ИП SIRUS PS-1235 идеально подходит для питания связной аппаратуры в ЦУПе, где необходима надежная и бесперебойная радиосвязь.

В таблице 7 приведены основные технические характеристики ИП PS-1235.

Таблица 7 – Технические характеристики ИП PS-1235

Параметр	Значение
Входное напряжение питающей сети	175÷275 В, 50 Гц
Выходное напряжение при воздействии всех дестабилизирующих факторов	13,8 В±1%
Выходной ток до	35А
Температура воздуха внутри корпуса источника, при которой срабатывает термозащита	80÷85С
Напряжение на выходе источника, при котором срабатывает защита от превышения выходного напряжения	14,6÷15В
Габаритные размеры по выступающим частям	210х165х70м, вес 1,7кг.

4.6 Измеритель мощности и КСВ

Для контроля настройки устройства согласования между приемопередающим устройством и входом антенны включают измеритель мощности и коэффициента стоячей волны (КСВ).

Vega SX-1100 представляет собой измеритель КСВ и мощности, включаемый между передатчиком и антенной.

Технические характеристики измерителя мощности и КСВ Vega SX-1100 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики измерителя мощности и КСВ Vega SX-1100

Параметр	Значение
Диапазон частот	1.8-160 / 430-1300 МГц
Измеряемая мощность	0.5 - 400 Вт
Минимальная входная мощность	0.5 Вт
Сопротивление	50 Ом
Потери	0.2 дБ
Габариты	155x103x64 мм
Вес	0,7 кг

4.7 УКВ усилители мощности

В зависимости от категории радиостанции к трансиверу необходимо подключить усилитель мощности на каждую антенну. При таком построении радиостанции трансивер, определяющий основные ее характеристики, подвергается механическим, тепловым и электромагнитным воздействиям мощного выходного усилителя передатчика в значительно меньшей степени.

В ЦУПе ТПУ применяются два усилителя мощности – Mirage D-3010-N (рисунок 10) и Mirage B-320-G (рисунок 11).

Модель Mirage D-3010-N предназначена для работы на диапазоне 420-450 МГц и отличается наличием всех видов модуляции: FM, SSB, CW; регулируемой задержкой для SSB и выводом для дистанционного управления. Модель имеет радиатор, рассчитанный на жесткие условия эксплуатации, входное и выходное комплексное сопротивление 50 Ом, напряжение питания 13,8 В постоянного тока.



Рисунок 10 - УКВ усилитель мощности Mirage D-3010-N

Модель Mirage D-3010-N – имеет максимальную выходную мощность 100 Вт при входной мощности 55 Вт и минимальную выходную мощность 7 Вт при входной мощности 5 Вт. Максимальное потребление тока – 20 А.

Модель Mirage B-320-G предназначена для работы на диапазоне 144-148 МГц.



Рисунок 11 - УКВ усилитель мощности Mirage B-320-G

Модель Mirage B-320-G имеет максимальную выходную мощность 200 Вт при входной мощности 50 Вт и минимальную выходную мощность 7 Вт при входной мощности 5 Вт. Максимальное потребление тока - 20 А.

4.8 Персональный компьютер

К персональному компьютеру (ПК) не предъявляются какие-либо жесткие требования. Тем не менее, был выбран современный ПК Norbel C332215 со следующими характеристиками: AMD Athlon II X4 840, 4x3100 МГц, 4 Гб, 500 Гб, NVIDIA GeForce GT 720.

4.9 Секвенсор

Секвенсор - устройство формирования задержки для последовательного включения/выключения цепей коммутации.

Для переключения прием-передача (RX/TX) в усилителе мощности обычно применяют мощные ВЧ реле, контакты которого не должны подгорать в момент подачи или отключения ВЧ мощности в антенну. Сначала должны сработать реле подключения выхода усилителя к антенне, а только потом, после небольшой задержки, включиться трансивер в режим TX.

Такая задержка формируется в контекст-программах, но этого бывает недостаточно. Для обеспечения корректной задержки применяют специальные устройства формирования временной последовательности - секвенсоры (time sequencer), обеспечивающие определенную последовательность срабатывания коммутационных реле для исключения передачи сигнала во время неустойчивого механического состояния реле при переключении. И особенно это важно для УКВ, где используются антенные малошумящие усилители, и актуальна проблема корректной коммутации TX/RX режимов.

В ЦУПе ТПУ применяются два секвенсора – DCW2004B/HP и DCW2004SHF/4.

4.10 Многопортовый преобразователь интерфейса

Для шины USB стандартом установлен определенный порядок обмена пакетами данных и пакетами квитирования с устройствами USB. Поэтому побитовая ретрансляция становится невозможной и в преобразователе интерфейсов большую роль играет модификация драйверов порта. Преобразователи из USB в RS-232/422/485 используются, когда компьютер имеет недостаточное количество портов RS-232/422/485, но есть неиспользуемые порты USB. При подключении к компьютеру преобразователя и установки соответствующих драйверов в операционной системе появляется новый виртуальный COM-порт, который со стороны программного и аппаратного интерфейса ничем не отличается от обычного. [9]

Преобразователь MOXA UPORT 1610-8 подключается к USB-порту компьютера и предназначен для создания в компьютере дополнительных последовательных портов в операционной системе. Важными особенностями устройств серии UPort являются поддержка высокоскоростного порта USB 2.0 (480 Мбит/с), построение на микросхемах Moxa CPU и Moxa UART, возможность присвоения COM-портам произвольных номеров. Эти особенности делают устройства UPort удобными в использовании и обслуживании.

4.11 Грозоразрядник

Подведенный к помещению фидер антенны представляет собой источник повышенной опасности: при попадании в антенну молнии (вероятность этого мала) произойдет разрушение всего, что находится вблизи фидера. Но и без попадания молнии непосредственно в антенну близкие к ней грозовые разряды, движущиеся вокруг антенны массы сухого снега, пыли наводят на вывод антенны напряжение в десятки киловольт. Поэтому меры

грозозащиты антенно-фидерных устройств являются обязательными и в ЦУПе ТПУ используются два грозоразрядника N-712Q.

Грозоразрядники оборудованны ВЧ разъемом "под гайку" (bulkhead) и могут быть установлены на любом шкафу или любой плоской панели с толщиной стенки не более 5 мм.

Характеристики грозоразрядника N-712Q приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики грозоразрядника N-712Q.

Параметр	Значение
Импеданс	50 ± 5 Ом
Диапазон рабочих частот	DC ~ 3.5 ГГц
Вносимые потери (max)	0.15 дБ (2.45 ГГц); 0.17 дБ (3.5 ГГц)
Проходная мощность (max)	250 Вт
КСВн (max)	1.08 (2.45 ГГц); 1.12 (3.5 ГГц)
Напряжение зажигания	300 В
Отводимая мощность (max)	6 кВ/10 кА (8x20 мкс)
Коннекторы	N (папа-мама) / N (мама-мама)
Диапазон рабочих температур	-50 +80°C
Вес	190 грамм

Грозоразрядники с газонаполненным элементом, применяемые в ЦУПе, обладают низкими вносимыми потерями и хорошим значением КСВ, работая при этом в широком диапазоне частот начиная от постоянного тока (DC) до 3.5 ГГц. Возможность быстрой замены газонаполненного защитного элемента позволяет добиться высокой ремонтпригодности.

Выбранное оборудование для ЦУПа ТПУ, позволяющее решать огромное количество задач управления МКА, отвечает всем требованиям к качеству и надежности современных систем автоматизированного управления.

5 Программное обеспечение

5.1 Программы трекинга и управления ротатором

Основными функциями программ трекинга являются расчет траекторий космических аппаратов, визуализация их проекций на карте земной поверхности, вычисление дат и времен нахождения выбранных спутников в зоне радиовидимости земной станции с заданными координатами, подготовка периодически обновляемых данных о доплеровских сдвигах частот на линиях «вверх» и «вниз» и требуемых углах поворота антенны для передачи их в трансивер и программу управления ротатором земной станции. Все представленные на рынке и в открытом доступе программы трекинга имеют схожий интерфейс (рисунок 12, 13, 14) и отличаются, в основном, оформлением и числом поддерживаемых языков.

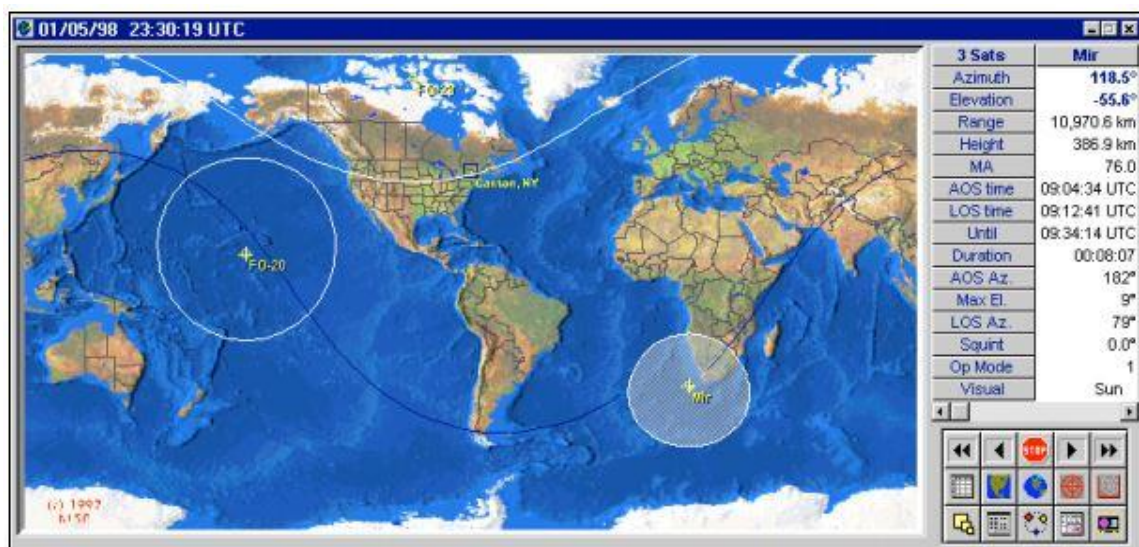


Рисунок 12 – Интерфейс коммерческой программы трекинга Nova for Windows



Рисунок 13 – Интерфейс открытой программы трекинга HRD Satellite Tracking

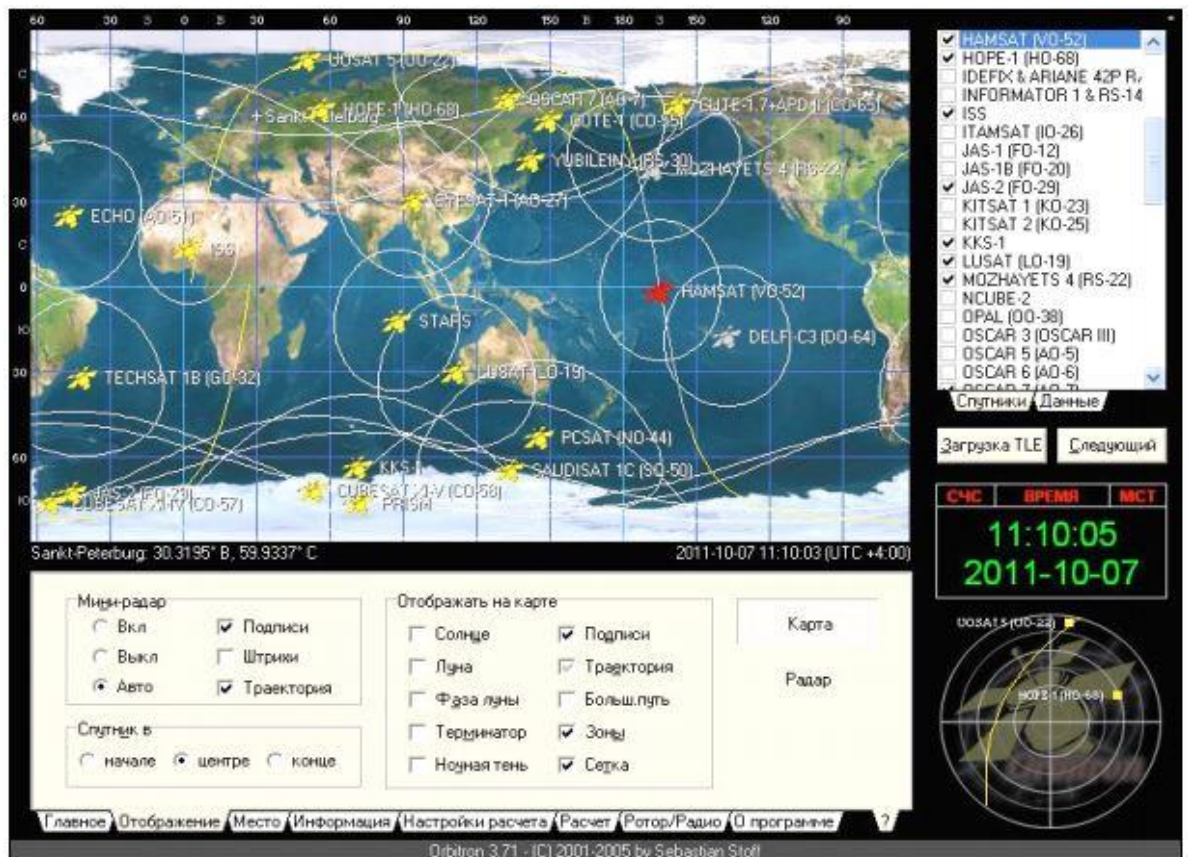


Рисунок 14 – Интерфейс открытой программы трекинга Orbitron

Беспорным лидером по популярности среди программ трекинга является программа Orbitron, обладающая мощными вычислительными возможностями, понятным интерфейсом и поддерживающая более 30 языков.

Программы трекинга используются как на этапе подготовки к лабораторным занятиям, так и в ходе их проведения. На этапе подготовки производится расчет времен прохождений учебных спутников в зонах радиовидимости станций университетской сети во время планируемого занятия.

Для расчета времен прохождения спутников в зоне радиовидимости станции в программу вводятся ее географические координаты путем выбора соответствующего населенного пункта из базы данных (рисунок 15).

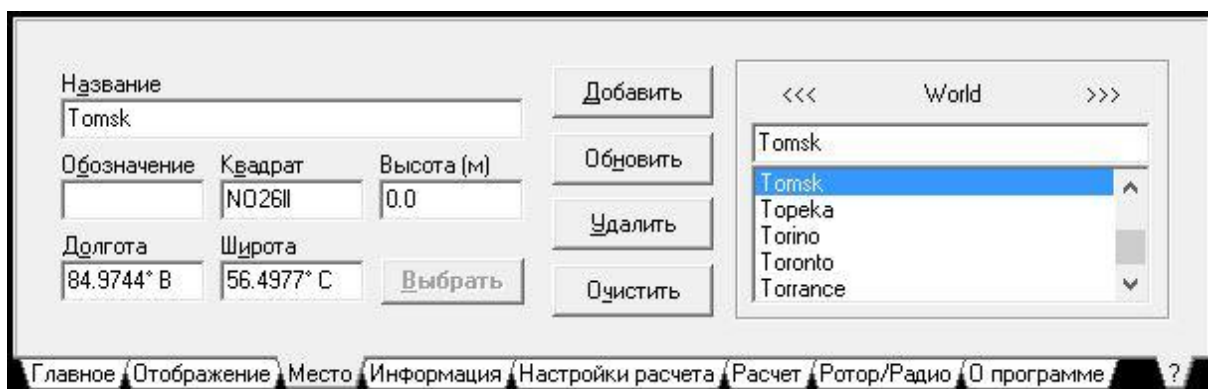


Рисунок 15 – Ввод координат земной станции в программе Orbitron

Далее устанавливается интервал поиска и условия-ограничения, наиболее важным из которых является минимальная угловая высота спутника над горизонтом при прохождении им зоны радиовидимости (рисунок 16).

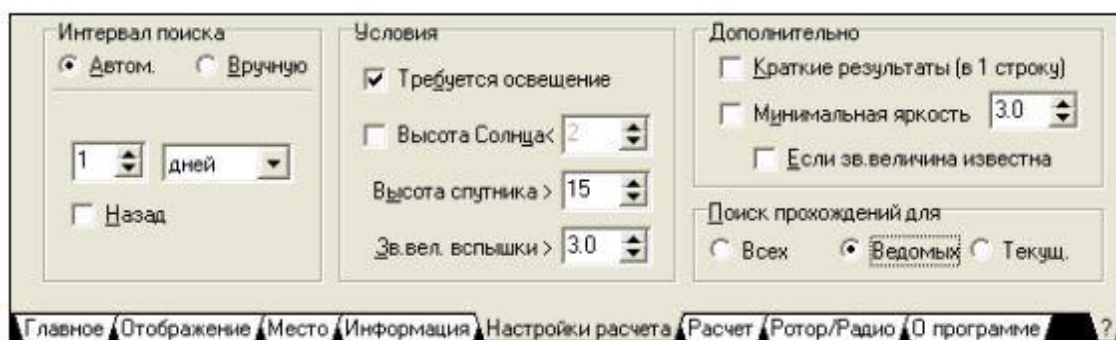


Рисунок 16 – Настройка расчета прохождений в программе Orbitron

В ходе проведения занятий программы трекинга управляют ротатором антенной системы и компенсацией доплеровских сдвигов частот трансивера спутниковой станции. Организация передачи расчетных данных из программ

трекинга в управляющие контроллеры трансивера и антенного интерфейса производится на основе механизма динамического взаимодействия Windows-приложений Dynamic Data Exchange (DDE).

Для расширения возможностей универсальных DDE-драйверов по визуализации текущего положения антенны, проведения калибровок и испытаний опорно-поворотного устройства и т.п. используются программы управления ротатором, представляющие собой DDE-интерфейсы между программами трекинга и контроллерами управления ротатором. В практике любительской спутниковой связи широкое применение нашли открытые программы HRD Rotator и ARSWIN (Antenna Rotator System for Windows). Программа HRD Rotator (рисунок 17) функционирует в составе программного комплекса любительской радиосвязи HRD (Ham Radio Deluxe). Она обеспечивает сопряжение данных наведения антенны, поступающих от программы трекинга HRD Satellite Tracking из состава этого же комплекса с интерфейсными контроллерами типа AlfaSpid или используемом в студенческом ЦУПе ТПУ Yaesu GS-232B.

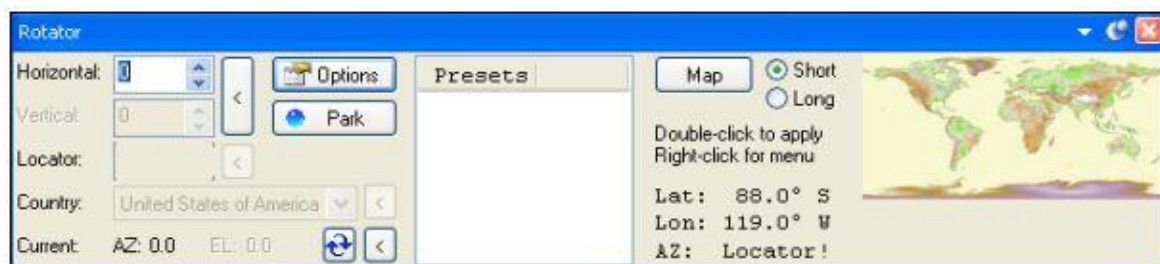


Рисунок 17 – Интерфейс программы управления ротатором HRD Rotator

5.2 Программы управления трансивером

Программы данного класса обеспечивают информационный обмен с трансивером через CAT и аудио-интерфейсы, управление режимами работы и мощностью трансивера, запись, хранение и воспроизведение речевых сообщений через звуковую карту, запись текстовых сообщений, перевод их в

кодировку Морзе и подачу на клемму РТТ трансивера, прием телеграфии через звуковую карту и декодирование ее в текст, регулировку скорости передачи, спектральный анализ сигналов, автоматическую подстройку частоты, шумоподавление, ведение журнала проводимых радиосвязей и др. Ряд программ управления трансивером дополнительно координируют работу программ трекинга и управления ротатором через встроенные DDE-интерфейсы, обеспечивая синхронное проведение информационного обмена (прием и передачу речи, телеграфии и цифровых пакетов), компенсацию доплеровского сдвига частот и наведение антенны на спутник. Наиболее распространенными открытыми программами управления трансивером являются HRD (Ham Radio Deluxe) и MixW2.

На текущий момент наиболее полнофункциональной программой управления трансивером является HRD, представляющая собой заверченный программный комплекс для проведения сеансов двусторонней радиосвязи через космические аппараты, включающий программы трекинга (HRD Satellite Tracking), управления ротатором (HRD Rotator) и обработки цифровой информации (Digital Master, DM780). Совместная работа программ комплекса обеспечивается за счет информационного обмена через встроенный IP сервер, работающий после настройки автоматически при запуске основного приложения HRD (рисунок 18).



Рисунок 18 – Подключение внешних программ и трансивера к комплексу HRD

При запуске комплекса открывается главное окно программы HRD, представляющее все необходимые функции по управлению работой трансивера – грубую и точную настройку диапазонов, выбор режима работы, мощности передачи и др. (рисунок 19). Одновременно запускается программа HRD Satellite Tracking, которая, при входе выбранного спутника в зону радиовидимости станции, начинает выдавать в HRD значения частот приема и передачи с учетом их доплеровского сдвига (рисунок 20). Через CAT-интерфейс команды на смену частот с заданной периодичностью поступают из HRD в трансивер, обеспечивая компенсацию доплеровского сдвига.

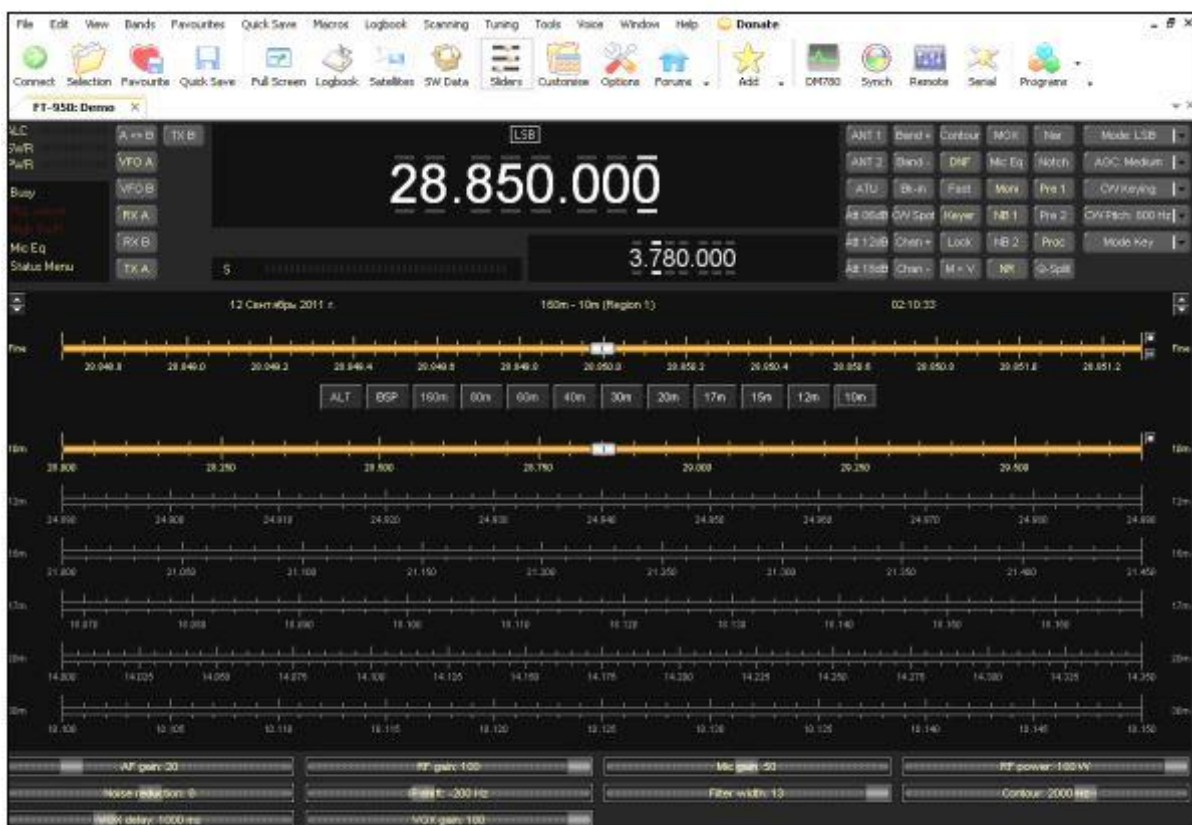


Рисунок 19 – Интерфейс программы управления трансивером HRD

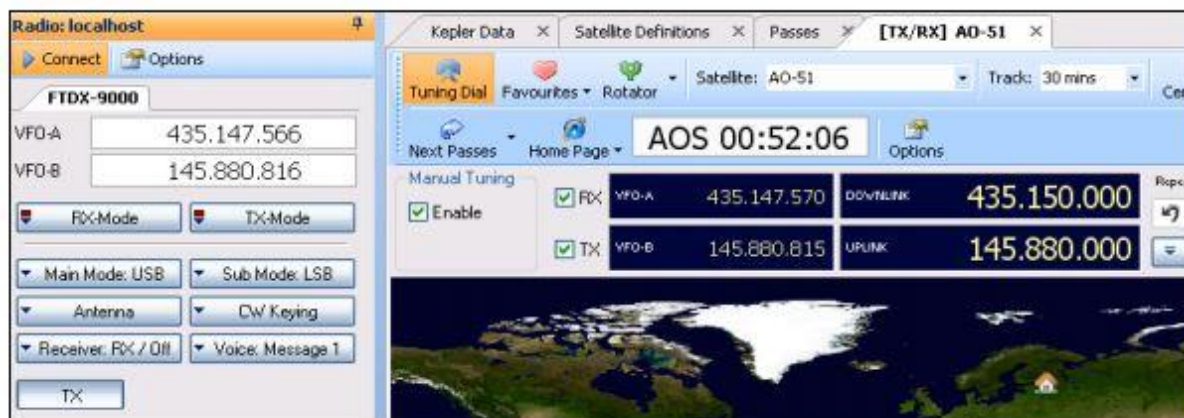


Рисунок 20 – Работа программы HRD Satellite Tracking в составе комплекса HRD

Прием и передача аналоговой речевой информации производятся непосредственно из программы HRD с использованием встроенных функций записи (Audio grabber) и проигрывания (Audio Browser) mp3 файлов. При передаче речи в папке браузера выбирается заранее записанный

мультимедийный файл с сообщением и запускается на проигрывание (рисунок 21). Извлеченная из распакованного файла цифровая последовательность поступает на звуковую карту, где преобразуется в аналоговый сигнал, поступающий с выхода карты на микрофонный вход трансивера, модулируя несущую частоту по методу, заданному из главного окна HRD (FM или SSB).



Рисунок 21 – Проигрыватель речевых сообщений Audio Browser

Для приема и передачи телеграфных сообщений активируется программа Digital Master 780 и в закладке меню QSO выбирается метод модуляции CW (рисунок 22, 23). Текст передаваемого сообщения записывается в нижнее окно главного интерфейса из созданного в DM780 макроса, выбираемого в панели быстрого вызова Call CQ, и отправляется на передачу.

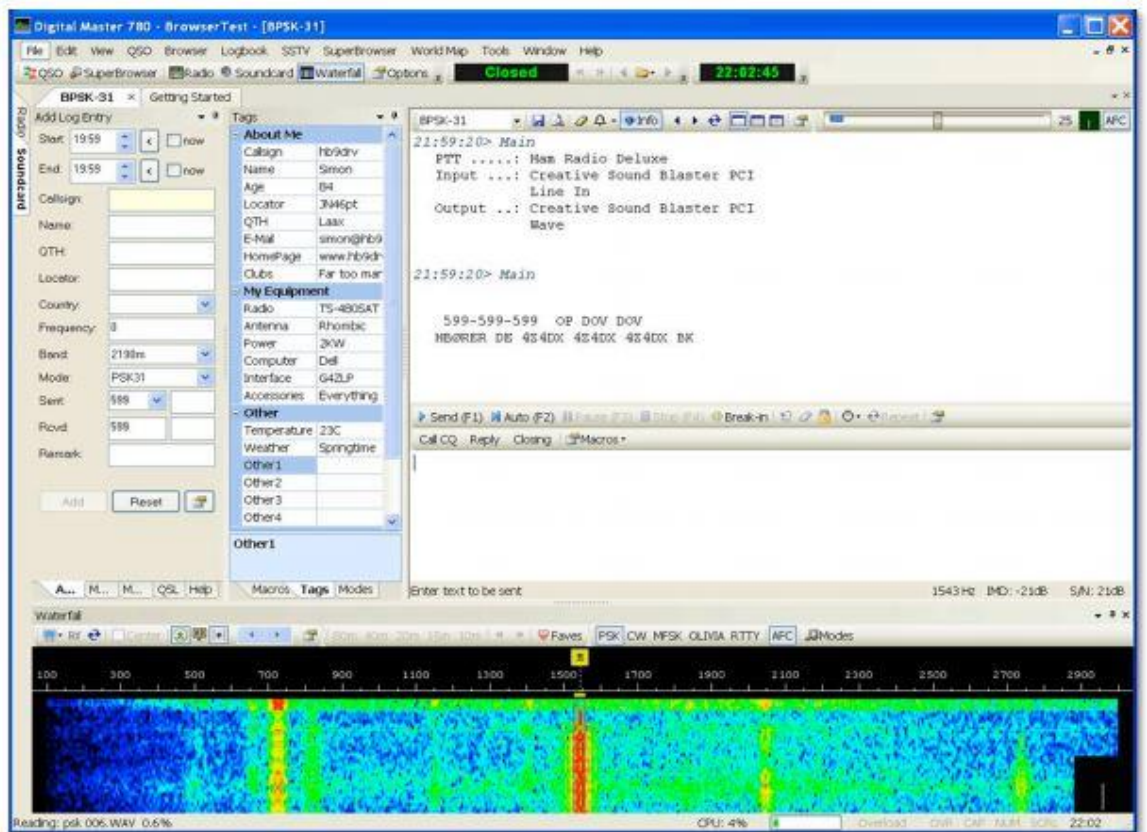


Рисунок 22 – Интерфейс программы DM780 в составе комплекса HRD

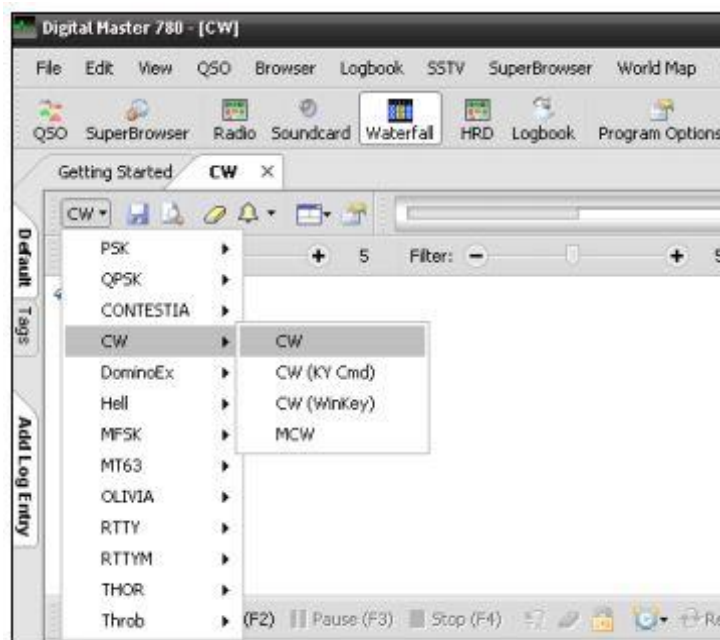


Рисунок 23 – Выбор метода модуляции в программе DM780

5.3 Программы-декодеры телеметрии

Особенностью многих МКА является передача данных по каналу борт–Земля вне зоны основного приема в однополосной (SSB) модуляции, при которой сигнал передается в виде кода Морзе (CW-сигнал). Преимущество SSB-модуляции позволяет при прочих равных условиях получить дальность связи на 50...75% больше, чем при амплитудной или частотной модуляции. Поэтому SSB модуляция наилучшим образом подходит для резервных каналов связи, ее применение полностью оправдано в случае возникновения нештатных ситуаций с системами энергоснабжения КА или для маломощных студенческих аппаратов, таких как кубсаты.

5.3.1 Прием телеметрии с МКА и простейшие пути оптимизации процесса

Рассмотрим принципиальную структурную схему приема и обработки телеметрической информации с МКА в ЦУПе ТПУ (рисунок 24).



Рисунок 24 – Принципиальная структурная схема приема и обработки ТМИ в ЦУПе ТПУ

Используя содержащуюся в TLE-файлах информацию, управляющий компьютер рассчитывает текущие координаты КА, передавая на контроллер ориентации антенн необходимые значения азимута и угла места, а на трансивер — частоту приема с учетом эффекта Доплера. Радиосигнал, полученный со спутника, преобразуется в трансивере в звуковой и поступает на звуковую карту управляющего компьютера, где может быть записан и обработан. В блоке обработки и декодирования ТМИ звуковой CW сигнал преобразуется в текстовую последовательность точек и тире, а затем эта последовательность переводится в литеры латинского алфавита, комбинации которых представляют собой зашифрованную ТМИ. И наконец, с использованием дешифратора ТМИ (для каждого аппарата он свой) проводится декодирование и на выходе получают показания приборов КА в данный момент времени. Прием CW-сигнала в SSB-модуляции сильно осложняется следующими факторами: восприятием сигнала оператором на слух при ощутимой зашумленности внешнего радифона в условиях города и, как следствие, необходимостью декодирования полученного сигнала в ручном режиме, а также необходимостью точной подстройки частоты для получения наилучшей разборчивости принимаемого сигнала и ручным режимом сопровождения КА. В случае приема и обработки ТМИ в ручном режиме оператор выступает в качестве активного функционального звена. В момент приема ТМИ он одновременно осуществляет слежение за наблюдаемым КА и постоянную коррекцию частоты приема сигнала. После окончания приема оператор должен прослушать записанный сигнал в звуковом формате, на слух воспринять телеграфный код и расшифровать его, что требует от оператора владения навыками телеграфирования и повышенного внимания. На этом шаге обработки возможно появление большого числа ошибок, что скажется в дальнейшем при дешифровании полученных данных.

С учетом вышесказанного полезным оказывается использование программного обеспечения (ПО), позволяющего визуализировать принимаемый сигнал в виде амплитудно-частотного спектра. Этим снимается требование к

оператору — иметь специальную подготовку для записи сигнала на слух, тем самым исключаются ошибки при записи сигнала. Тем не менее, для декодирования записанного сигнала требуется от 15 до 20 мин, что занимает по времени 1/4–1/6 среднего периода обращения многих МКА; это обстоятельство снижает оперативность управления КА в случае нештатных ситуаций.

В целях автоматизации процесса предлагается использование ПО, осуществляющее распознавание и декодирование принятого CW-сигнала с наблюдаемого КА. С помощью программы CwGet был произведен эксперимент по дешифровке принятого CW-сигнала со спутника RS-12 (рисунок 25).



Рисунок 25 – CW-сигнал со спутника RS-12, обработанный в программе CwGet

Входной информацией является wav-файл (содержащий запись принятого сигнала), длительности точки и тире для данного КА и отношение амплитуды среза (уровень мощности сигнала, ниже которого он принимается за шум) к максимальной амплитуде сигнала (в данной записи). Выходная информация — это декодированный сигнал в текстовом виде, который

используется как входная информация для дешифраторов телеметрии. Работа программы включает в себя три этапа: загрузка файла, распознавание сигнала и декодирование. Распознавание сигнала заключается в переводе радиосигнала Морзе в текстовую последовательность точек и тире. Декодирование состоит в переводе последовательности точек и тире в зашифрованные телеметрические кадры на латинице. В программе реализована возможность сохранения результатов декодирования в текстовый файл. При использовании данного ПО длительность получения расшифрованной телеметрии после приема СВ-сигнала сокращается примерно в 5 раз, что увеличивает время для анализа возможной нештатной ситуации и принятия необходимого решения для ее устранения.

Далее было произведено декодирование СВ-сигнала с помощью специальной программы-декодера телеметрии, созданного специально для спутника RS-12 (рисунок 26).

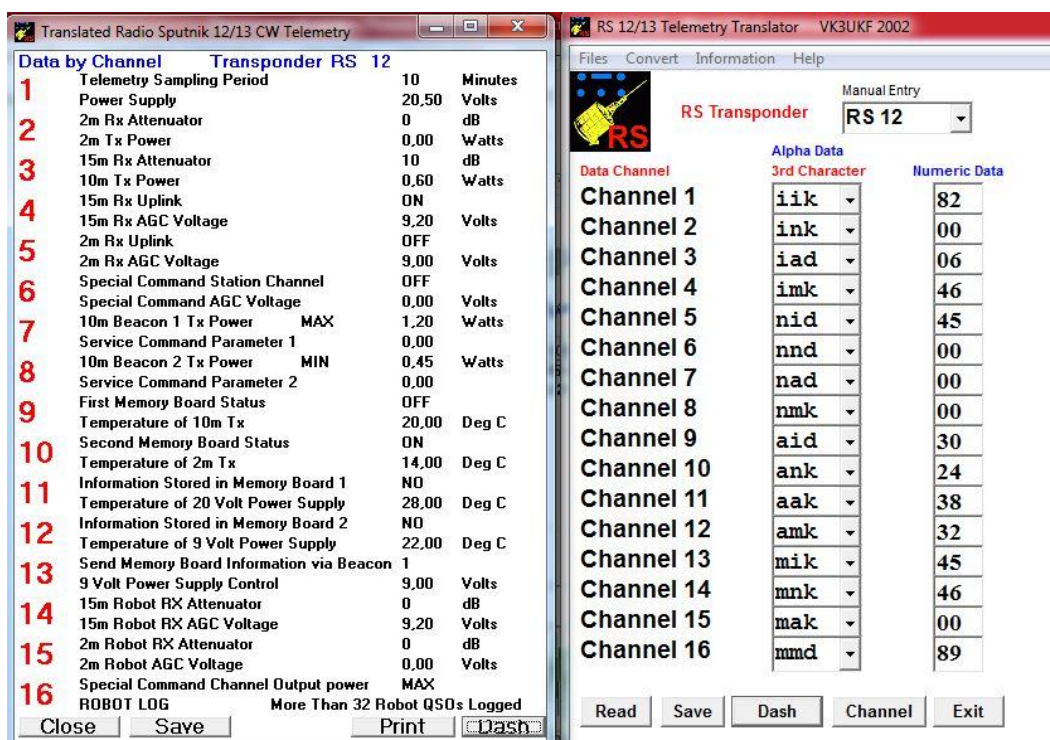


Рисунок 26 – Декодированный СВ-сигнал RS-12

В результате длительность обработки рассматриваемого типа ТМИ при использовании предложенных алгоритмов может быть сокращена до 5 мин, при

этом существенно снижаются требования к внимательности оператора и его утомляемость. Далее приводится структурная схема приема и обработки ТМИ в полуавтоматическом режиме (рисунок 26), где оператор уже выступает в качестве ретранслятора, обеспечивающего переход информации между блоками.



Рисунок 26 – Структурная схема приема и обработки телеметрии в полуавтоматическом режиме

В качестве эксперимента так же были произведены запись и декодирование CW-сигнала со спутника RS-40 «Юбилейный-2» (рисунок 27).

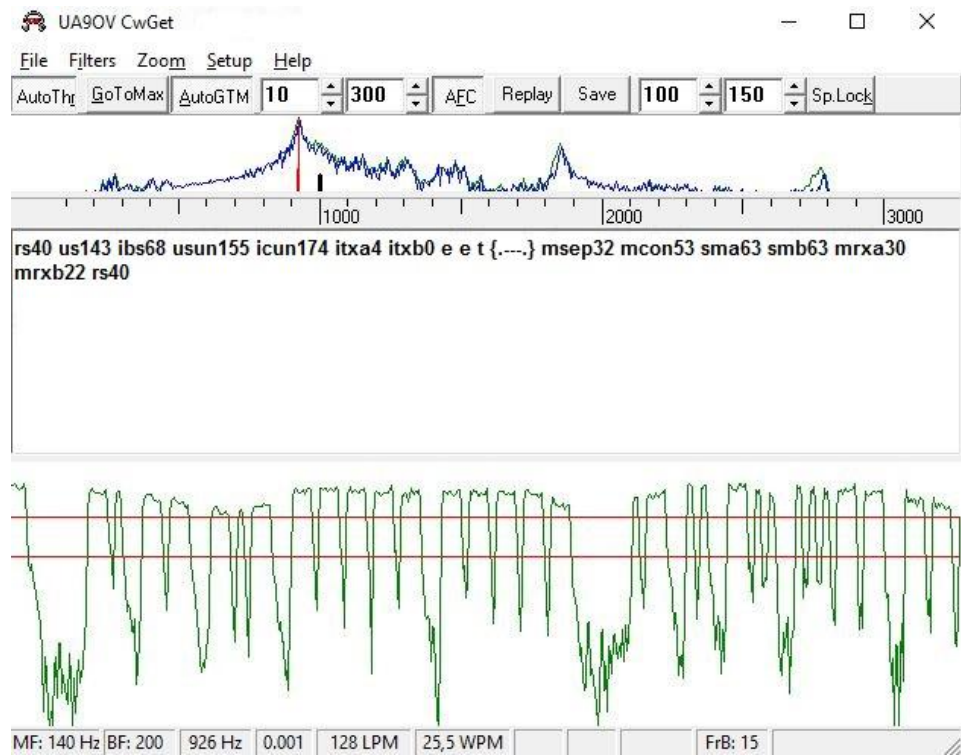


Рисунок 27 – CW-сигнал со спутника RS-40, обработанный в программе CwGet

Обработанный сигнал был декодирован в специальной программе-декодере телеметрии RS-39 CW Telemetry Decoder (рисунок 28), подходящей для декодирования телеметрии спутника RS-40.

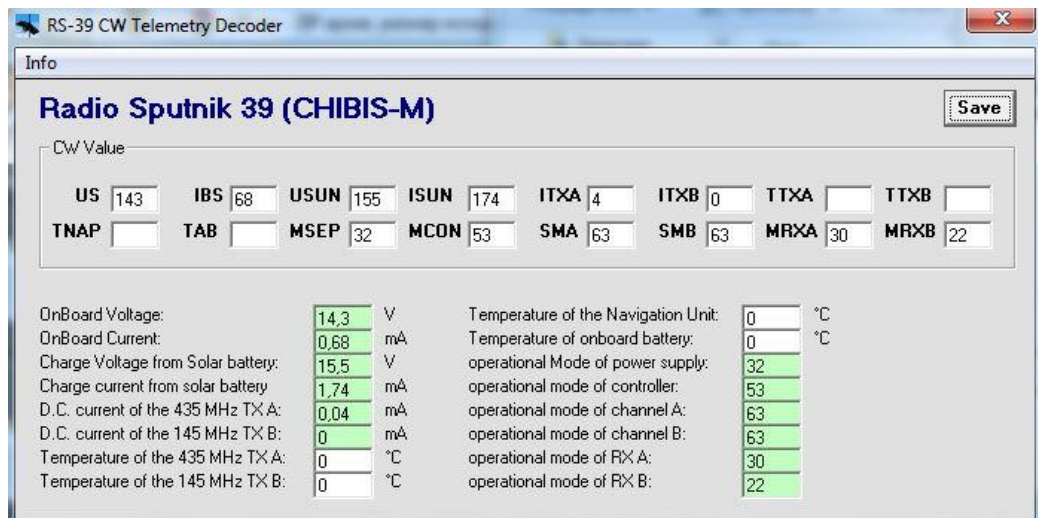


Рисунок 28 – Декодированный CW-сигнал RS-40

Опыт тестов показал, что, применяя вышеперечисленное ПО, можно успешно принимать и декодировать сигналы телеметрии со спутников. Своевременная корректировка программ полёта, выполненная на основе проанализированных телеметрических данных, продлевает жизнь КА на орбите. В дальнейшем, планируется использование данного набора программных продуктов для анализа телеметрии студенческого МКА.

Даже в случае автоматизации процесса оператор все еще остается важным звеном в цепи приема и обработки ТМИ. Для того чтобы процесс приема и обработки ТМИ происходил автоматически в реальном масштабе времени и возможность возникновения ошибки была минимальной, необходимо свести роль оператора к уровню наблюдателя.

5.4 Имитатор малого космического аппарата

В процессе управления МКА возникает потребность тестирования функциональных и технических характеристик бортовой аппаратуры; отработки программного обеспечения; отработки совместной работы бортовой аппаратуры и наземного комплекса управления; а также расчета движения МКА по околоземной орбите. Решение этих задач с реальными опытными образцами оборудования МКА являлось бы сложным и дорогостоящим, кроме того, одной из целей создания ЦУП являлось обучение студентов, что необходимо осуществлять в любое время, не дожидаясь очередного сеанса связи с объектом на орбите.

Поэтому более целесообразно и эффективно создать, и использовать имитатор МКА, позволяющий выполнять отработки комплексов управления, функциональных модулей и аппаратуры на надежность и эффективность и организовать процесс обучения.

Имитатор МКА – это компьютерная модель спутника, функционирующая в реальном, ускоренном или замедленном масштабе

времени. Имитатор обрабатывает телеметрическую информацию и реагирует на команды управления так же, как и реальный космический аппарат.

Имитатор МКА входит в состав студенческого ЦУП и может быть реализован на основе персонального компьютера с программным обеспечением; аппаратных средств, моделирующих бортовые системы космического аппарата на основе микроконтроллеров управления.

Программным обеспечением (ПО) имитатора МКА может являться любой программный продукт, как, например, «СПУТНИКС Моделер», предназначенный для численного моделирования динамики движения малых космических аппаратов.

На рисунке 29 приведен пример расчета траектории движения МКА по околоземной орбите.

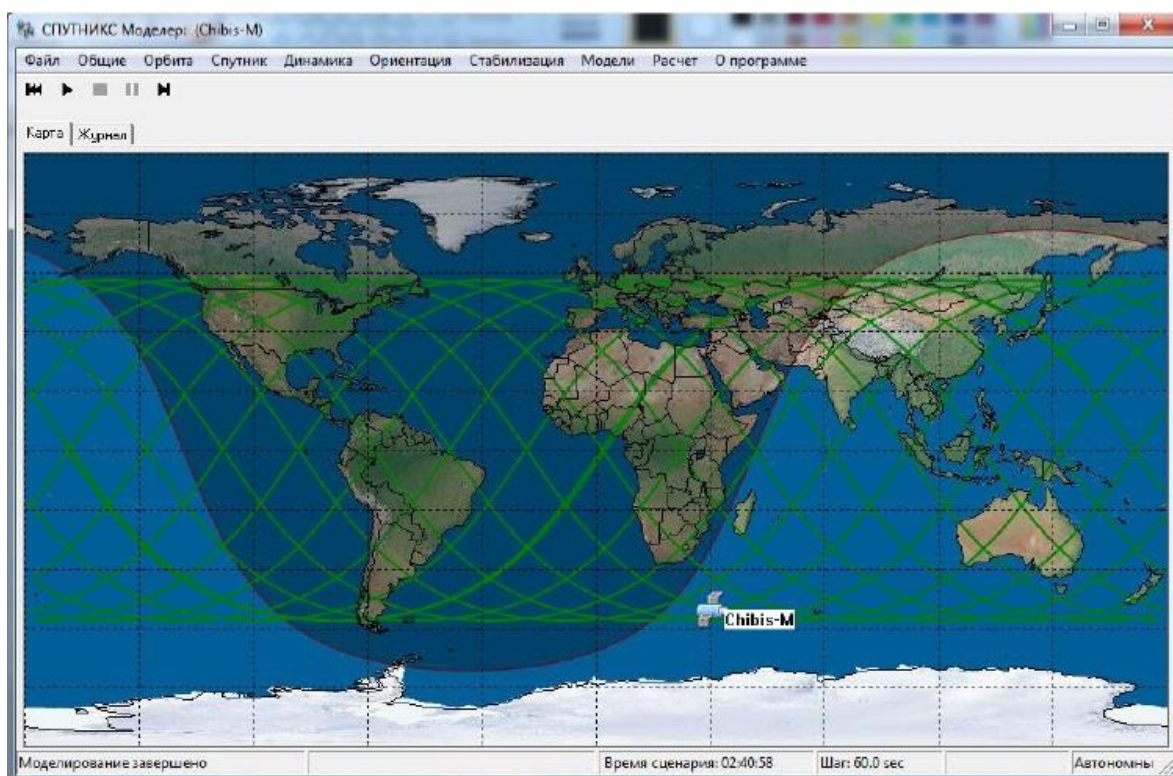


Рисунок 29 – Расчет траектории движения МКА по околоземной орбите

«СПУТНИКС Моделер» позволяет численно моделировать динамику вращения космического аппарата вокруг центра масс, моделировать основные факторы космического пространства, влияющих на эту динамику, отслеживать

работу различных алгоритмов определения ориентации и стабилизации, представлять интересующие параметры моделирования в режиме реального времени, визуализировать их, а также выполнять и целый ряд других задач численного моделирования. Приложение также может быть использовано для полунатурного лабораторного моделирования систем управления, находящихся на борту, и, кроме того, для визуализации телеметрии, принимаемой с реальных спутников.

На рисунке 30 показан пример настройки параметров ориентации.

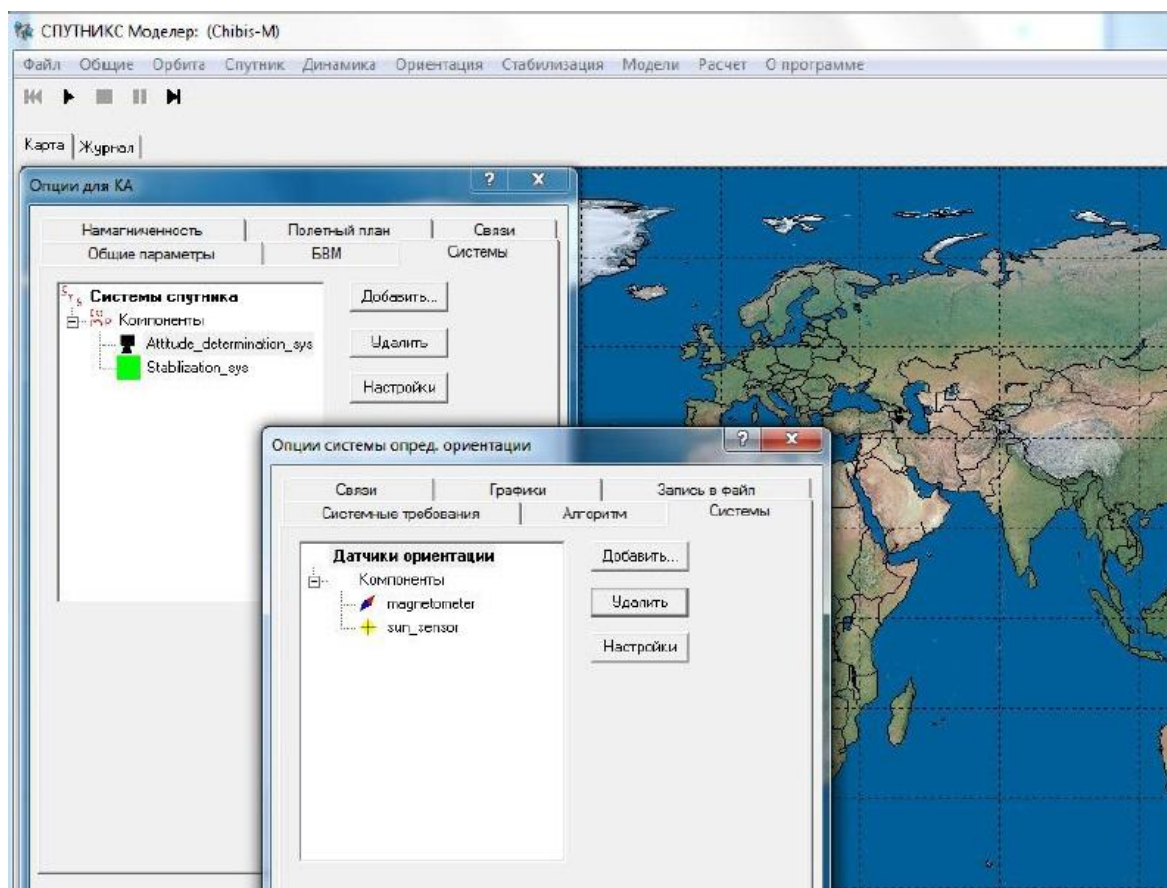


Рисунок 30 – Настройка параметров ориентации

Таким образом, предложенный способ решения задач проверки работоспособности систем наземной и бортовой аппаратуры МКА является экономически целесообразным и эффективным по сравнению с методом натуральных испытаний. Кроме того, использование имитатора МКА в образовательных целях позволит студентам и аспирантам более качественно на практике изучать основные принципы функционирования и структуру

бортовых систем МКА, проводить эксперименты с оборудованием и программным обеспечением. Работа с имитатором МКА даёт возможность обучения студентов работе с ЦУП, позволяя использовать современные средства получения информации с целью образования.

6 Вопросы технологии

Антенна для приема сигнала со спутника размещается на крыше 4 корпуса НИ ТПУ. Конструкция узла крепления антенны разработана с учетом имеющейся конструкции крыши и требований сохранения её целостности.

Основание АФУ предназначено для крепления антенной мачты (рисунок 31) на коньке крыши (рисунок 32).

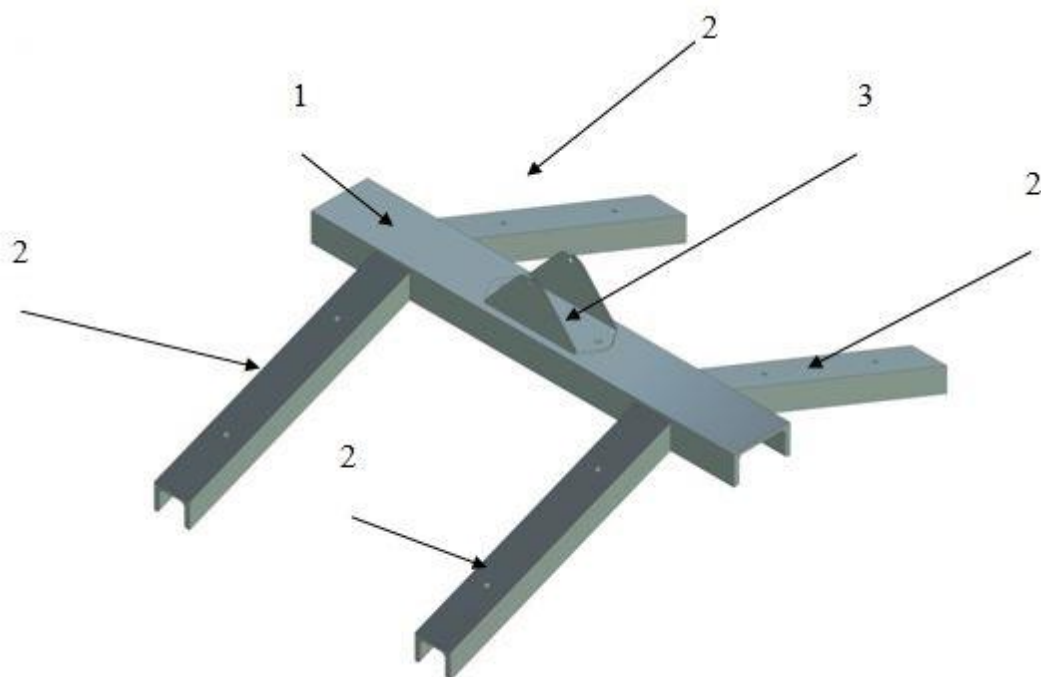


Рисунок 31 – Основание антенной мачты

Основание представляет собой сварную конструкцию, состоящую из 6 деталей:

1 – опора

2 – поперечина

3 – кронштейн

Опора изготовлена из швеллера №8П, к ней приварены 4 поперечины из швеллера №5П. Кронштейн соединяется с опорой с помощью болтовых соединений.

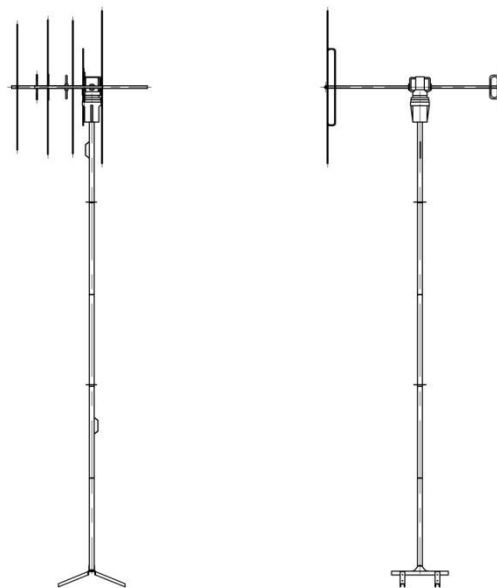


Рисунок 32 – Антенная система на крыше 4 корпуса ТПУ
Комплект чертежей на основание приведен в приложении Б

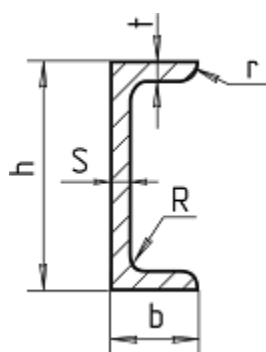


Рисунок 33 – Швеллер с параллельными гранями полок – серия П
Размеры швеллеров 8П и 5П приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Размеры швеллеров 5, 8 с параллельными гранями полок,
серия П по ГОСТ 8240-97

Номер швеллера	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	R, мм	r, мм	Марка стали
5П	50	32	4,4	7	6	3,5	Ст.3
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	Ст.3

Подготовка:

Произвести резку торцевых сторон заготовок швеллера №5 с помощью угловой шлифовальной машины. Угол резки - 22°.

Обработка кромок:

V-образная разделка с суммарным углом скоса 60-80 градусов. Притупление составляет 2-8 мм. Кромки устанавливать с зазором 2-4 мм.

6.1 Выбор режима ручной дуговой сварки

Дуговую сварку контролируют ряд параметров, а именно:

- сварочный ток;
- напряжение дуги;
- скорость сварки;
- тип электрода и его диаметр.

Поэтому перед началом работы следует подобрать значения этих параметров так, чтобы сварочный шов получился требуемого размера и хорошего качества.

6.1.1 Сварочный ток (выбор сварочного тока посредством подбора диаметра электрода)

Важнейшим параметром при работе ручной дуговой сварки является сила сварочного тока. Именно сварочный ток будет определять качество сварочного шва и производительность сварки в целом.

Обычно рекомендации по выбору силы сварочного тока приведены в инструкции пользователя, которая поставляется в комплекте со сварочным аппаратом. Если таковой инструкции нет, то силу сварочного тока можно выбрать в зависимости от диаметра электрода. Большинство производителей

электродов размещают информацию о величинах сварочного тока прямо на упаковках своей продукции.

Диаметр электрода подбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия. Однако помните, что увеличение диаметра электрода уменьшает плотность сварочного тока, что приводит к блужданию сварочной дуги, её колебаниям и изменениям длины. От этого растёт ширина сварочного шва и уменьшается глубина провара – то есть качество сварки ухудшается. Кроме того, уровень сварочного тока зависит от расположения сварочного шва в пространстве. При сварке швов в потолочном или вертикальном положении рекомендуется диаметр электродов не меньше 4 мм и понижение силы сварочного тока на 10-20 %, относительно стандартных показателей тока при работе в горизонтальном положении. [10]

Таблица 13 – Соотношение толщины металла, диаметра электрода и сварочного тока

Толщина металла, мм	0,5	1-2	3	4-5	6-8	9-12	13-15	16
Диаметр электрода, мм	1	1,5-2	3	3-4	4	4-5	5	6-8
Сварочный ток, А	10-20	30-45	65-100	100-160	120-200	150-200	160-250	200-350

Максимальная толщина металла заготовки для антенной мачты – 7.2 мм, исходя из этого значения, выбираем диаметр электрода 4 мм, а сварочный ток 120 – 200 А.

6.1.2 Напряжение дуги (длина сварочной дуги)

После того, как сила сварочного тока определена, следует рассчитать длину сварочной дуги. Расстояние между концом электрода и поверхностью свариваемого изделия и определяет длину сварочной дуги. Стабильное поддержание длины сварочной дуги очень важно при сварке, это сильно влияет на качество свариваемого шва. Лучше всего использовать короткую дугу, т.е. длина которой не превышает диаметр электрода, но это достаточно тяжело осуществить даже при наличии солидного опыта. Поэтому оптимальной длиной дуги принято считать размер, который находится между минимальным значением короткой дуги и максимальным значением.

Таблица 14 – Соотношение диаметра электрода и длины дуги

Диаметр электрода, мм	1	1,5-2	3	3-4	4	4-5	5	6-8
Длина дуги, мм	0,6	2,5	3,5	4	4,5	5	5,5	6,5

Исходя из значения диаметра электрода (4 мм), длина сварочной дуги будет равна 4,5 мм.

6.1.3 Скорость сварки

Выбор скорости сварки зависит от толщины свариваемого изделия и от толщины сварочного шва. Подбирать скорость сварки следует так, что бы сварочная ванна заполнялась жидким металлом от электрода и возвышалась над поверхностью кромок с плавным переходом к основному металлу изделия без наплывов и подрезов. Желательно поддерживать скорость продвижения так, что бы ширина сварочного шва превосходила в 1,5-2 раза диаметр электрода.

Если слишком медленно перемещать электрод, то вдоль стыка образуется достаточно большое количество жидкого металла, который растекается перед сварочной дугой и препятствует её воздействию на свариваемые кромки – то есть результатом будет непровар и некачественно сформированный шов.

Неоправданно быстрое перемещение электрода тоже может вызывать непровар из-за недостаточного количества тепла в рабочей зоне. А это чревато деформацией швов после охлаждения, вплоть до трещин.

Наиболее простой способ подбора скорости сварки ориентирован на приблизительно среднее значение размеров сварочной ванны. В большинстве случаев сварочная ванна имеет размеры: ширина 8–15 мм, глубина до 6 мм, длина 10–30 мм. Важно следить, что бы сварочная ванна равномерно заполнялась плавленным металлом, т.к. глубина проплавления почти не изменяется.

При увеличении скорости уменьшается ширина шва, при этом глубина проплавления остается почти неизменной. Наиболее качественные швы получаются при скоростях 30 и 40 м\ч.

6.2 Сварка углового соединения таврового типа

Обычно при сварке тавровых соединений в нижнем положении нужно несколько проходов. Однопроходные угловые швы допустимы при сварке простых конструкций, но при этом они должны иметь стороны, образующие угол в 45 градусов при угловом сварном шве, и не превышать диаметр используемого электрода более чем на 1,5-3,0 мм.

При многопроходной сварке угловых швов, первый проход всегда выполняется электродом большего размера, чем будут использоваться при повторных проходах. Диаметр электрода для первого прохода - 4-6 мм, шов наплавляется без каких-либо поперечных колебаний электрода. Последующие проходы электродами меньшего

диаметра обязательно применяются поперечные колебания (движение электрода из стороны в сторону) Следует внимательно следить, чтобы размах этих колебаний не превысил допустимую ширину шва.

6.3 Зачистка сварочных швов

При сварочных работах в металле самого сварочного шва и в прилегающей к нему зоне могут образоваться шлаковые включения – результат термического воздействия на металл заготовок, продукты сгорания материала электродов и пр. Шлаковые наслоения существенно ухудшают качество сварного соединения, его долговечность и внешний вид. Причины образования шлаков – сварка длиной дугой, высокая скорость прохода и низкий сварочный ток. Ввиду того, что шлаковые включения ослабляют прочность шва, их следует в обязательном порядке зачищать, причем при многопроходной сварке – после каждого слоя. При любых сварочных работах в обязательном порядке нужно соблюдать последовательность наложения слоев, зачистки шлака и зачистки сварочного шва в целом.

Зачистка сварочных швов выполняется в три этапа:

- Очистка зоны вокруг шва от окалины, шлаков и удаление цветов побежалости. Для этого нужно будет отбить шлаковые включения молотком с заостренным концом от затвердевшего металла на сварочном шве и удалить осколки при помощи металлической щетки. Добиться одного уровня плоскости сварочного шва и плоскости изделия, что бы было как можно меньше выпуклостей.
- Грубая зачистка - выравнивание, вплоть до полного удаления сварочного шва. Грубую зачистку можно делать на соответствующих станках, а на мелких конструкциях - специальными ножами для зачистки швов или шлифовальными машины с крупным шлифовальным камнем.

- Полировка места сварного шва, для такой работы используется фибровый круг шлифовальной машины. Полировка – завершающий этап в сварочном изготовлении изделия и его подготовки к покраске.

Карта технологического процесса сборки и дуговой сварки приведена в приложении Б.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Предпроектный анализ

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы определить потребителей результата научно – технических исследований по теме "Студенческий центр управления полётами", необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

На мировом рынке в настоящее время центр управления полётами малого космического аппарата разрабатывает организация ООО Спутниковые инновационные космической системы (СПУТНИКС), а также ЦУП существует в Красноярском университете СибГАУ.

Низкая стоимость, унификация платформ и комплектующих для студенческого центра управления полётами позволяет разрабатывать центр управления полётами МКА университетам и даже школам, небольшим частным компаниям и любительским объединениям.

Таблица 16 – Карта сегментирования рынка двигателя-маховика для малого космического аппарата.

		Области использования ЦУП			
		Испытание оборудования	Наблюдение и управление МКА	Образовательные цели	Использование радиолюбительского оборудования
Размер центра управления полётами	Государственная корпорация				
	Университет				

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности разрабатываемого центра управления полётами и определить направления для ее будущего повышения.

Данный анализ проводится при помощи оценочной карты, приведенной в таблице 16.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 17, подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки и эксплуатации.

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Материалы	0,15	4	4	0,6	0,6
2. Масса	0,1	5	3	0,5	0,3
3. Надежность	0,1	4	4	0,4	0,4
4. Снижение времени на разработку	0,15	4	3	0,6	0,45
Экономические критерии оценки эффективности					
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	0,4	0,4
6. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	3	4	0,45	0,6
7. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	0,4	0,4
8. Цена	0,15	5	3	0,7	0,45
Итого	1			4,05	3,6

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле 5:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Исходя из произведенного анализа, представленного в таблице, конкурентоспособность данной разработки выше, поскольку является более выгодным и менее затратным.

7.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 18 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	20%	100	100	1	20
2. Унифицированность	5%	50	100	0,5	2,5
3. Уровень материалоемкости разработки	10%	20	100	0,2	2
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	10%	70	100	0,7	7
5. Ремонтопригодность	10%	90	100	0,9	9
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность продукта	10%	80	100	0,8	8
7. Уровень проникновения на рынок	10%	50	100	0,5	8
8. Перспективность рынка	10%	50	100	0,5	5
9. Цена	10%	30	100	0,3	3
10. Финансовая эффективность научной разработки	5%	70	100	0,7	3,5
Итого	100%	610	1000	6,1	68

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 6:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (6)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что перспективность проделанного исследования выше среднего.

7.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 19.

Таблица 19 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Малые массо-габаритные параметры; С2. Низкая стоимость; С3. Унифицированная платформа и комплектующие; С4. Доступные материалы; С5. Функциональность.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Невозможно самостоятельное управление без сторонней помощи специалистов; Сл2. Развитие новых технологий; Сл3. Возможно управление только малых спутников.</p>
<p>Возможности: В1. Расширение области решаемых задач; В2. Возрастание спроса на продукт; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>В1С1С2С4 - расширение области решаемых задач способствует постепенному переходу от КА к МКА; В2С1С2С3С4С5 - Малые массо-габаритные параметры, низкая стоимость, унифицированная платформа</p>	<p>В1Сл1Сл2 совмещение возможности расширения области решаемых задач с слабыми сторонами проекта решать возникшие проблемы; В2Сл1Сл2Сл3 –; В3Сл1Сл2Сл3с появлением спроса и повышением</p>
	<p>и комплектующие, доступные материалы, функциональность способствуют повышению спроса на продукт; В3С3С4 работа с унифицированной платформой и комплектующими, а также доступные материалы повышает стоимость конкурентных разработок.</p>	<p>стоимости конкурентных разработок слабые стороны будут удалены.</p>
<p>Угрозы: У1. Повышение стоимости материалов; У2. Развитая конкуренция технологий производства; У3. Появление усовершенствованной продукции на рынке.</p>	<p>У1С1С3С4С5 может возникнуть угроза повышения стоимости материалов.</p>	<p>У1Сл1Сл2Сл3 повышение стоимости материалов, а также сложности с управлением и ожиданием связи могут снизить спрос на продукт.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

7.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки готовности проекта к коммерциализации необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 20. При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 20 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
	Определены перспективные направления	3	3

коммерциализации научно-технического задела		
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ	31	30

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле 7:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (7)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. $B_{\text{сум}}$ имеет следующие значения 31 и 30, значит перспективность разработки на данном этапе средние.

7.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

В Уставе проекта указываются бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, который планируется создать.

7.2.1 Цели и результат проекта

Целью проекта является создание центра управления полётами малых космических аппаратов. ЦУП МКА позволяет отслеживать и управлять малыми космическими аппаратами в космическом пространстве. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Кафедра приборостроения, неразрушающего Национального Томского университета	Точного Института контроля, исследовательского политехнического
	Возможность отслеживать и управлять малыми космическими аппаратами. Образовательный процесс.

В таблице 22 предоставлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 22 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Создания центра управления полётами малых космических аппаратов
Ожидаемые результаты проекта	1) Центр управления полётами; 2) Имитатор спутника; 3) Результаты испытаний;
Критерии приемки результата проекта	Выполнение пунктов 1-3 графы «Ожидаемые результаты проекта».
Требования к результату	Соответствует техническому заданию

7.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы были решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Данная информация представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Костюченко Т. Г. К. т. н., доцент каф. ТПС, ИНК, ТПУ	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	31
2	Шевнин Евгений Александрович Магистрант группы 1БМ4В, ТПС, ИНК, ТПУ	Исполнитель проекта	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	94
ИТОГО:				

7.3 Планирование управление научно-техническим проектом

7.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 24).

Таблица 24 – календарный план проекта

№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Постановка задачи и целей проекта, принятие задания к выполнению	4	06/02/16	10/02/16	Руководитель Студент
2	Подбор и изучение материалов по тематике	10	12/02/16	22/02/16	Студент
3	Анализ предметной области	2	23/02/16	25/02/16	Студент

4	Выявление участников и основных шагов выполнения	3	27/02/16	30/02/16	Руководитель Студент
5	Выбор двигателя-маховика и изучение конструкции, принципа работы	3	01/03/16	04/03/16	Руководитель Студент
6	Подбор метод управления данным двигателем и способ регулирования угловой скорости	7	05/03/16	12/03/16	Студент
7	Разработка электронного блока управления двигателем по первому варианту	9	14/03/16	23/03/16	Студент
8	Проведение рядов испытания, сбор характеристик	6	24/03/16	30/03/16	Студент
9	Разработка электронного блока управления двигателем по второму варианту	9	01/04/16	10/04/16	Студент
10	Проведение рядов испытания, сбор характеристик	8	11/04/16	19/04/16	Студент
11	Заключение по вариантам	5	20/04/16	25/04/16	Руководитель Студент
12	Разработки технологического процесс изготовления электронного блока по выбранному варианту	2	27/04/16	29/04/16	Руководитель Студент
13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	8	02/05/16	10/05/16	Руководитель Студент

Таблица 25 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

ККод работы	Вид работ	Исполнители	Длительность, дни	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Постановка задачи и целей проекта, принятие задания к выполнению	НР С	4	1	2	3									
2	Подбор и изучение материалов по тематике	С	10												

7.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

7.3.2.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результат расчета приведен в таблицу 26.

Таблица 26 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество			Ценазаед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Итого								2852	2219,5	2135,5

7.3.2.2 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Научный руководитель работает по 6-дневной неделе. И каждый день работает 6 часов. Получается количество часов работы научного руководителя за месяц:

$$T_M = 4 \cdot 6 \cdot 6 = 144(\text{ч})$$

Месячный должностной оклад научного руководителя (доцент, к. т. н.) определяется:

$$Z_M = Z_6 \cdot k_p = 23264,86 \cdot 1,3 \approx 30244(\text{руб.}),$$

где Z_6 – базовый оклад

$$Z_6 = 23264,86(\text{руб.})$$

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

За час работы научного руководителя получает:

$$Z_{\text{ч}} = \frac{Z_M}{T_M} = \frac{30244}{144} = 210(\text{руб.})$$

При выполнении проекта трудоемкость научного руководителя составляет 31 часов. Следовательно, основная заработная плата научного руководителя определяется:

$$Z_{\text{осн(руко.)}} = 210 \cdot 31 = 6510(\text{руб.})$$

Аналогично определим основную заработную плату каждого разработчика, который имеет месячный должностной оклад 6595,70 руб. (специалист первого уровня):

$$Z_{\text{осн(раз.)}} = 5418,5(\text{руб.})$$

Суммарная основная заработная плата определяется:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{осн(руко.)}} + З_{\text{осн(раз.)}} = 6510 + 5418,5 = 11928,5(\text{руб.})$$

7.3.2.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 10\% \cdot 11928,5 = 119,258(\text{руб.})$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

7.3.2.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды руководителя проекта:

$$С_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (11928,5 + 119,285) \approx 3614(\text{руб.})$$

где $k_{\text{внеб}} = 0,3$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

7.3.2.5 Накладные расходы

Эта статья содержит затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}} = 90\%$ – коэффициент накладных расходов.

Общая сумма накладных расходов составляет 10745,8 рублей.

Планируемые затраты разгруппированы по статьям и представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Статьи затрат

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб.
1	Затраты на материалы	2135,5
2	Основная заработная плата	11928,5
3	Дополнительная заработная плата	119,3
4	Отчисления на социальные нужды	3614
5	Накладные расходы	10745,8
6	Итого плановая себестоимость	28543,1

7.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Оценка эффективности исследования проводилась на основании сравнения центров управления полётами среди организаций:

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где

I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Так как стоимость исполнения представленного проекта максимальна, в сравнении с аналогами, следовательно, интегральные финансовые показатели разработки и аналогов равны

$$I_{\Phi}^p = 1, \quad I_{\Phi}^{a1} = 0.9$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a,$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$

где:

I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводился на основании данных представленных в таблице 1.

Итоги расчетов:

$$I_m^p = 4.7, \quad I_m^{a1} = 4.1,$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр.}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр.}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр.}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p},$$

$$I_{\text{финр.}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}.$$

Интегральные финансовые показатели эффективности равны:

$$I_{\text{финр.}}^p = 4.7, \quad I_{\text{финр.}}^{a1} = 4.6,$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр.}}^p}{I_{\text{финр.}}^a}. \quad (8)$$

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатель	Разработка	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель	1	0.9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.7	4.1
3	Интегральный показатель эффективности	4.7	4.6
4	Сравнительная эффективность		1.02

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы: интегральный показатель ресурсоэффективности разработки превышает показатели аналогов, что говорит о том, что разрабатываемый центр управления эффективен и может конкурировать с аналогами. Однако, показатель сравнительной эффективности показывает, что технические слабости присутствуют и их необходимо решать. Несомненно, необходимо продолжать исследования в данном направлении.

8 Социальная ответственность

Введение

В данном разделе, описывается несколько мероприятий по улучшению охраны и условий труда, предложены возможные чрезвычайные ситуации и их предотвращение. Выявление опасных и вредных факторов, которые встречаются в центре управления полётами, их опасное влияние на человека и окружающую среду.

Сущность проекта выпускной квалификационной работы по выполняемой теме заключается в проектировании студенческого центра управления полётами малого космического аппарата.

Данный проект является наземным комплексом, обеспечивающим управление МКА и наблюдением за ними.

8.1 Профессиональная социальная безопасность.

Рабочим местом является учебная лабораторная аудитория 212 корпуса №4, в ней находится современный компьютер, периферийные устройства, устройства радиосвязи. Специалист центра при работе сталкиваются со следующими воздействиями вредных факторов:

Таблица 29 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа в учебной аудитории. Оборудование: компьютер, периферийные	1.Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2.Недостаточная	1.Электрический ток; 2. Пожар 3. Землетрясение	Оптимальные и допустимые нормы микроклим

устройства, устройства радиосвязи.	освещенность рабочей зоны; 3.Повышенная пульсация светового потока; 4.Превышение уровня шума; 5.Электромагнитное поле от компьютера;		ата по ГОСТу 12.1.005- 88; Степени огнестойко сти здания устанавлив аются согласно СНиП 2.01.02-85.
--	--	--	--

8.2 Анализ вредных факторов при работе в центре управления полётами

8.2.2 Отклонение параметров микроклимата

При использовании студенческого центра управления полётами, отклонения показателей микроклимата от норм, устанавливаемых НТД: микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности излучения от нагретых поверхностей.

Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы

устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха СанПиН 2.2.4.548-96 [11]. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Работа инженера – разработчика относится к категории Ib (работа с интенсивности от 140 до 174 Вт). Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте приведены для категории Ib приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более
Холодный	16 (140 – 174)	19,0 – 20,9	23,1 – 24,0	18,0 – 25,0	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	16 (140 – 174)	20,0 – 21,9	24,1 – 28,0	19,0 – 29,0	15 – 75	0,1	0,3

В рабочем помещении отсутствует принудительная вытяжная вентиляция, а имеется лишь естественная. Воздух поступает и удаляется через вытяжное вентиляционное отверстие, щели, двери и форточки. Естественной вентиляции в данном помещении достаточно. В помещении предусмотрена система водяного отопления со встроенными нагревательными элементами и стояками, что в свою очередь обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. Не смотря на это, в помещении рекомендуется использование принудительной вытяжной вентиляции.

8.2.3 Освещение

Освещенность - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. [12]

На рабочем месте, естественным освещением является Солнце, искусственными - газоразрядные лампы. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 500 лк.

Для увеличения освещенности, требуется установить необходимые количества ламп, соответствующих мощности и схеме включения.

Пульсация освещенности возникает из-за питания источников света переменными напряжением. Особо большие значения они имеют при использовании малоинерционных источников света, которыми являются люминесцентные лампы. Пульсации освещенности на рабочей поверхности не

только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не более 10%. [12]

Для уменьшения коэффициента пульсации люминесцентные лампы включают в разные фазы трехфазной электрической сети.

8.2.4 Шум

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижение внимания, увеличение расхода энергии при одинаковой физической нагрузке, замедление скорости психических реакций.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА (таблице 31).

Таблица 31 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБА
31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	50
86	71	61	54	49	45	42	40	38	

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке принимать необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые. [13]

8.2.5 Электромагнитное поле от компьютера

Компьютер производит электромагнитное излучение. Большая часть его происходит не от экрана монитора, а от видеокабеля и системного блока. В портативных компьютерах практически все электромагнитное излучение идет от системного блока, располагающегося под клавиатурой. Современные машины выпускаются заводом-изготовителем со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами Госкомсанэпиднадзора «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03). Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВД по электрической составляющей должна быть не более: [14]

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м.
- плотность магнитного потока должна быть не более:
- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.
- возможные способы защиты от ЭМП:

Основной способ – увеличение расстояния от источника, для избежания последствий экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя.

Основные меры защиты от воздействия электромагнитных излучений:

- уменьшение излучения непосредственно у источника (увеличение расстояния между источником и рабочим местом (ГОСТ 12.4.154 – 85);
- медосмотр не реже одного раза в год;
- сокращенный рабочий день;
- организационные меры (проведение дозиметрического контроля интенсивности электромагнитных излучений не реже одного раза в 6 месяцев;

- использование мониторов стандарта MPR II и TCO-03 с пониженным уровнем излучения.

8.2.6 Воздействие на человека электромагнитных полей передающих радиотехнических объектов

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. [15]

Организационные мероприятия предусматривают: выбор рациональных режимов работы, ограничение продолжительности пребывания персонала в условиях воздействия ЭМП, организация рабочих мест на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение нормативных требований, соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Инженерно-технические мероприятия включают рациональное размещение источников ЭМП и применение коллективных и индивидуальных средств защиты, в том числе экранирование источников ЭМП или рабочих мест.

Лица, профессионально связанные с воздействием источников ЭМП ПРТО, должны проходить предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном соответствующим приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Владельцы (или уполномоченные лица) ПРТО, зданий, территорий и сооружений, где расположены ПРТО, обязаны пройти обучение по вопросам обеспечения санитарно-эпидемиологических требований электромагнитной безопасности работающих и населения.

Во всех случаях размещения ПРТО его владелец обязан рассматривать возможность применения различных методов защиты (пассивных и активных)

для защиты общественных и производственных зданий от ЭМП на стадиях проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации.

В рекомендациях по защите населения от вторичных ЭМП РЧ необходимо предусматривать меры по ограничению непосредственного доступа к источникам вторичного излучения (элементам конструкции зданий, коммуникациям, различным сетям).

Территории (участки крыш), на которых уровень ЭМП превышает ПДУ для населения и на которые возможен доступ лиц, не связанных непосредственно с обслуживанием ПРТО, должны быть ограждены и/или обозначены предупредительными знаками. При работе на этих участках (кроме персонала ПРТО) передатчики ПРТО должны отключаться.

Во всех случаях пребывания в зоне расположения антенн РРС и ИРС на расстояниях, менее регламентируемых, лиц, не связанных с обслуживанием этих антенн, передатчик должен быть выключен.

Таблица 32 - Предельно допустимые уровни электромагнитных полей диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц на рабочих местах персонала

Параметр	Диапазонах частот (МГц)				
	0,03 - 3,0	3,0 - 30,0	30,0 - 50,0	50,0 - 300,0	300,0 - 300000
Предельно допустимое значение ЭЭЕ, (В/м) ² х ч	20000	7000	800	800	-
Предельно допустимое значение ЭЭН, (А/м) ² х ч	200	-	0,72	-	-
Предельно допустимое значение ЭЭППЭ, (мкВт/см ²) х ч	-	-	-	-	200

Максимальный ПДУ E, В/м	500	296	80	80	-
Максимальный ПДУ H, А/м	50	-	3,0	-	-
Максимальный ПДУ ППЭ, мкВт/ см ²	-	-	-	-	1000

Примечание. Диапазоны, приведенные в таблице, исключают нижний и включают верхний предел частоты.

Таблица 33 - Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц для населения

Диапазон частот	30 - 300 кГц	0,3 - 3 МГц	3 - 30 МГц	30 - 300 МГц	0,3 - 300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряженность электрического поля, E (В/м)				Плотность потока энергии, ППЭ (мкВт/см ²)
Предельно допустимые уровни	25	15	10	3	10

Примечание. Диапазоны, приведенные в таблице, исключают нижний и включают верхний предел частоты.

8.3 Анализ выявленных опасных факторов при использовании проектируемого объекта

8.3.1 Электрический ток

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе разработки человек может коснуться комплектующих установки, находящихся под напряжением

(электрический ток в розетках 220 В – 50Гц). Корпус и прочие элементы может оказаться под напряжением в результате повреждения, пробоя изоляции или короткое.

Согласно ГОСТ 12.1.019 – 79, для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы защиты и средства: защиты оболочки, защитные ограждения, безопасное расположение токоведущих частей, изоляцию рабочего места; малое напряжение, защитное отключение, предупредительную сигнализацию, блокировку.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземление, зануление, выравнивание потенциала, система защитных проводов, защитное отключение, изоляцию нетоковедущих частей, электрическое разделение сети, малое напряжение, контроль изоляции, компенсация токов замыкания на землю, средства индивидуальной защиты.

8.3.2 Экологическая безопасность

При утилизации компьютеров происходит их разработка на фракции: металлы, пластмассы, стекло, провода, штекеры. Из одной тонны компьютерного лома получают до 200 кг меди, 480 кг железа и нержавеющей стали, 32 кг алюминия, 3 кг серебра, 1 кг золота и 300 г палладия.

Существуют следующие методы переработки ЭВМ и защите от него: сортировка печатных плат по доминирующим материалам; дробление и измельчение; гранулирование; сепарация; обжиг полученной массы для удаления сгорающих компонент; расплавление полученной массы; рафинирование; прецизионное извлечение отдельных материалов; создание

экологических схем переработки компьютерного лома; создание экологически чистых компьютеров.

Переработка промышленных отходов производится на специальных полигонах для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий.

8.3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В зоне места выполнения работ возможные чрезвычайные ситуации (ЧС) как пожары, землетрясение, отключение электроэнергии, повышенное значение напряжения в электрической цепи. Из вышеперечисленных ЧС наиболее вероятной является пожар.

В студенческом центре управления полётами имеется различное оборудование: компьютер, трансивер, секвенсоры, усилители мощности, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода. В неисправленном состоянии, в системе происходит короткое замыкание, тогда в цепи протекает большой ток и приводит к нагреванию и выходу из строя оборудования.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемых в них технологических процессов. Для данного помещения корпуса установлена категория пожарной опасности Г – умеренная пожароопасность, так как в процессе обработки используются горючий инструмент как паяльная станция. Все это приводит к необходимости организовать эвакуацию людей.

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС необходимо выполнять следующие мероприятия:

- улучшать качество изоляционных средств в электроприборах;
- строго соблюдать технологические карты изготовления, технические требования;

- контролировать качество выполнения работы, выявить и исправить ошибки;

- улучшать качество системы заземления и зануления.

Для предупреждения ЧС следует выполнять превентивные меры, как:

- изучить технические безопасности;

- не применять нестандартные или неисправные электроприборы (электрорадиоизделия);

- нельзя пользоваться электроприборами при открытых токоведущих проводах и отсутствии специальных защитных средств;

- запретить самовольно проводить электромонтажную работу;

- применить систему заземления и зануления.

Пожарная безопасность при разработке данной системы обеспечивается следующими мерами:

- регулярное проведение инструктажа сотрудников и студентов по технике безопасности;

- наличие плана эвакуации людей при возникновении пожара;

- автоматическая пожарная сигнализация и телефонная связь с пожарной охраной;

- наличие средств пожаротушения (огнетушители ОУ, ОП), пожарный инструмент, песок.

При возникновении ЧС необходимо выполнить следующие действия:

- сообщить о случившемся ситуации в службу спасения по телефону (01 или 010);

- приступить к первичным средствам пожаротушения, имеющимся в помещении средствами пожаротушения;

- покинуть опасную зону.

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов для работающих на полную ставку;
- установление двух регламентируемых перерывов (первый длительностью в 15 минут после 1-2 часов работы, второй перерыв – на обед длительностью не менее 40 минут).

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты.

Оплата труда, социальные пособия, дополнительные выплаты устанавливаются в соответствии со степенью вредности и опасности выполняемых обязанностей.

Заключение

Спроектированный студенческий центр управления полетами, в первую очередь, предназначен для использования в учебном процессе на кафедре точного приборостроения ТПУ для изучения процесса управления полетом малых космических аппаратов. Создание в структуре университета комплекса управления малыми космическими аппаратами будет стимулировать внедрение новых перспективных форм космического образования, служит основой для разработки и реализации перспективных университетских инновационных проектов с использованием космических технологий.

ЦУП имеет следующие технические характеристики:

- диапазон частот 143-156 МГц и 400-445 МГц;
- пределы углов вращения по азимуту от 0 до 360 град., по углу места от 0 до 180 град;
- выходная мощность передатчика до 100 Вт (в зависимости от вида модуляции).

В процессе НИР проведено исследование аппаратуры отечественных и зарубежных аналогов для создания общей компоновки ЦУПа.

Отличительной особенностью функционирования ЦУПа является широкое применение различного ПО для автоматизации приема и обработки сигналов, что позволило снизить рабочую нагрузку на оператора, не снижая при этом эффективности работы ЦУПа. Подбранное ПО находится в открытом доступе для скачивания из сети Интернет.

В ходе работы проведены опыты по приему и декодированию сигналов телеметрии с функционирующего спутника. В соответствии с этим, можно сказать, что используемое оборудование и ПО полностью подтверждает работоспособность ЦУПа.

Создана 3D модель общего вида студенческого ЦУПа в среде T-flex.

Список публикаций

В процессе работы над магистерской диссертацией по данной теме было опубликовано две статьи:

1. Статья «Наземный комплекс управления малым космическим аппаратом // Космическое приборостроение: сборник научных трудов III Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – с 216 – 219».

2. Статья «Имитатор малого космического аппарата для студенческого центра управления полетами // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – с 71 – 73».

Список использованных источников

1. CubeSat. – [Электронный ресурс]: (<https://ru.wikipedia.org/wiki/CubeSat>).
2. Космический аппарат. – [Электронный ресурс]: (https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82)).
3. СибГау – Студенческий центр управления полетами – [Электронный ресурс]: (<http://sat.sibsau.ru/>).
4. Наземный комплекс управления для малых космических аппаратов – [Электронный ресурс]: (<http://cyberleninka.ru/article/n/nazemnyy-kompleks-upravleniya-dlya-malyh-kosmicheskikh-apparatov>).
5. Получение и декодирование телеметрии ИСЗ – [Электронный ресурс]: (<http://www.belastro.net/?menu=1&submenu=103&page=&nid=80>).
6. Распространение радиоволн в космических условиях – [Электронный ресурс]: (http://www.decoder.ru/list/all/topic_179_1/).
7. Направленная антенна Волновой канал (<http://www.junradio.com/portfel/sibi/Chapter1/1-13.htm>).
8. Антенны «волновой канал» для диапазона УКВ – [Электронный ресурс]: (<http://www.radiouniverse.ru/book/antenny/10-7-antenny-volnovoy-kanal-dlya-diapazona-ukv>).
9. Сетевое оборудование – [Электронный ресурс]: (http://www.bookasutp.ru/Chapter2_12.aspx).
10. Выбор режима ручной дуговой сварки – [Электронный ресурс]: (<http://www.tiberis.ru/pages/vybor-regima-ruchnoi-dugovoi-svarki>).
11. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

13. ГОСТ 12.1.003-83. Шум - общие требования безопасности.

14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

15. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.

Приложение А

Введение
Introduction

Раздел 1

Малые космические аппарата стандарта Cubesat
Small spacecraft CubeSat standard

Раздел 2

Студенческий малый космический аппарат
Small spacecraft of university

Раздел 3

Студенческий центр управления полётами
University Mission Control Center

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Шевнин Евгений Александрович		

Консультант кафедры ТПС :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Точного приборостроения	Костюченко Тамара Георгиевна	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИМОЯК :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент междисциплинарной кафедры ИМОЯК	Кошелева Елена Юрьевна	к.и.н.		

Introduction

In February 1994, in an interview with the newspaper "Megapolis-Express" Academician Reshetnev M. F. noted that throughout the world there is a tendency to use small low-orbit communication satellites. This is due, firstly, to its low cost, and secondly, that the presence of such satellites consumer will use simple, low-cost terminals.

In any space project, it is a very important part of the ground segment for controlling the spacecraft, as well as control of the parameters of its flight. This task is assigned to ground control complex, representing a set of interrelated technical means of information and mathematical software Mission Control Center (MCC) for controlling the spacecraft since its launch into orbit.

The significance of this work is closely associated with the development and launch in 2016 the National Research Tomsk Polytechnic University small spacecraft on the basis of the size of the standard micro- and nano-satellites – CubeSat. Department of precision instrument making TPU takes an active part in the creation of small spacecraft.

The intended purpose of designing the Mission Control Center is to conduct experimental and educational sessions and radio control of small satellites. The object of the research is the satellite simulator-based control center hardware and software. Design student MCC contributes to the quality of education, attracting talented, active, interested in the research activities of young people to space issues on real projects.

1 Small spacecraft CubeSat standard

Currently, problems solved most of the spacecraft became standard, and the rapid development of nano-technology has brought the industry of mass production of microelectronics and other components to such a high level that it can be used in space instrumentation, namely on the spacecraft. As a result, the cost of one satellite and its development time is reduced by as much, which allows for a greater number of starts as soon as possible. It is said that this approach is preferable to the small (nano and picosatellites) as equipment failure will result in the loss of a small inexpensive device which can be easily replaced. At the moment, this approach has been successfully implemented and is actively developed using the CubeSat nanosatellite platform.

CubeSat – sized standard micro- and nano-satellites of the Earth, proposed in 1999 in the United States. Feature CubeSat – fixed dimensions that change multiply, i.e CubeSat 1U (unit) – is a cube measuring 10x10x10 cm, 2U – these are two of the cube consisting of one size 10x10x20 cm satellite, 3U – 10x10x30 cm. While the limit is reached – 6U or 10h20h30 cm. Under CubeSat standards developed many structural elements, batteries, board sensors, communication systems.

The development of modern high-tech industries has allowed creating small-sized spacecraft at relatively little cost of time and money, allowing you to develop satellites schools and universities. At the same time they are able to address the serious science and technology, research and industrial applications. In fact, there is the emergence of a new segment of the space industry.

Cubesat Excretion into space carried out, usually just a few units or by rockets or on board the manned and unmanned cargo spacecraft and space stations. Several companies provide services to the conclusion cubesat into orbit. To be placed on the launch vehicle, spacecraft or space station, and start breeding cubesat American, Italian, Japanese companies have developed a multi-seat platform containers, including with revolving in orbit.

The development of microelectronics, computer technology, telecommunications technology has created the prerequisites for accelerated development of numerous projects of small spacecraft (ICA) with a relatively small investment of time and money. Now you can create a spacecraft the size of about 10 cm and a mass in the region of a kilogram. The design and manufacture of satellites required for a few months and a few thousand dollars.

By 2014, it launched into orbit for nearly a thousand cubesats assembled from standard components produced by commercial organizations and universities, seeking to have its own small satellite for technological, educational and scientific experiments. About a hundred of them now work correctly on low-Earth orbit, many have open data channels operating in the unlicensed radio amateur frequency bands. They can be used by third-party organizations, such as universities, for developing technologies of reception and processing of telemetry, and in some cases, and spacecraft control.

2 Small spacecraft of University

Small spacecraft, designed by the National Research Tomsk Polytechnic University, is designed to improve the direction of "Instrument" the quality of education, to attract talented, active, interested in the research activity of young people to space issues.

Students will participate in the design of the technical systems of the satellite, the spacecraft simulation nodes using of CAD-systems, components, and manufacturing of the satellite nodes. Familiarity with the orientation of spacecraft control systems in real-world conditions by working with mission control center (MCC).

Structure of small spacecraft shown in figure 1.

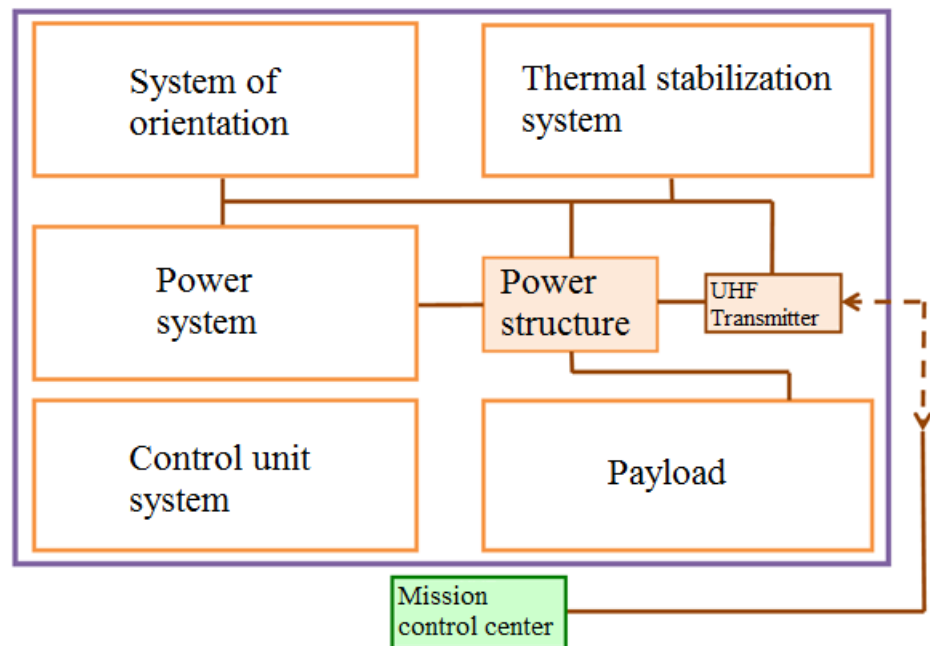


Figure 1 – Structure of small spacecraft

Planned and experiments in outer space. The objects of research (target load) will be one of the modifications of the electromechanical executive body attitude control system, as well as a promising type of executive body on the basis of laser-plasma accelerator.

2.1 Tools systems and equipment on board the small spacecraft

2.1.1 Systems of telemetry and telecommand

Onboard TM / TC-System D-range BGD-TC-B-01-01 (figure 2, 3) – on-board communication module for receiving telemetry and telecommand. It can include one or more radio links for controlling the satellite and receiving telemetry D-frequency range. The main characteristics of a transceiver system BGD-TC-B-01-01: type of modulation: GMSK or DQPSK;

- frequency band (Rx / Tx) 434 - 438 MHz;
- data transfer rate of 4800 bits / sec aboard Earth, 9600 bit / s - Earth-board;
- Antenna type: omni-directional;
- Interface: CAN2B, SpaceWire.

On-board transceiver system includes telemetry and command memory up to 512 MB. Specially developed by specialists SPUTNIKS software allows you to define telemetry storage priorities, as well as the execution time of programs. To provide a flexible data telemetry system of distribution of loaded on board in the system's memory arrays.

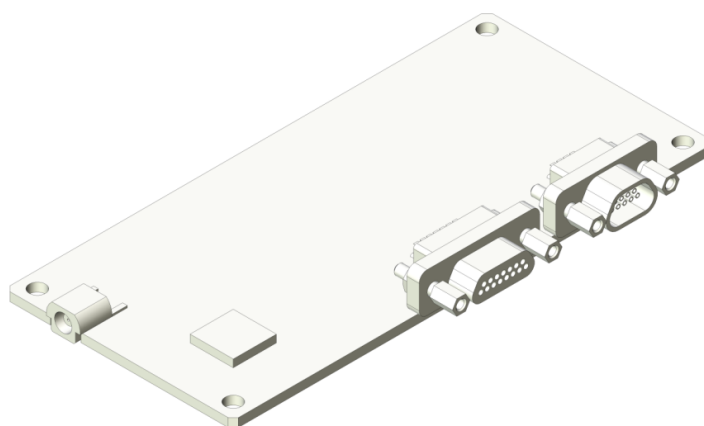


Figure 2 – A general view of the system board telemetry and telecommand



Figure 3 – General view of the antenna D-range

2.1.2 Attitude control system

Attitude control system is designed to dampen angular speeds at the time of separation of the satellite from the launch vehicle and the satellite control the angular orientation at specified algorithms (mode 4 - 0, 1, 2, 3). The composition of the orientation of the system include:

The electromagnetic device is intended for damping the initial angular velocities of the small spacecraft, as well as the angular velocities arising due to exposure to MCA internal and external disturbing moments. To dampen the angular velocities along three axes in the small spacecraft should be set at least three electromagnetic devices arranged mutually perpendicularly.

Angular velocity sensor for measuring the angular velocity of the spacecraft relative to the axes of the coordinate system related.

The magnetometer for measuring the magnetic field vector of the Earth on three axes small spacecraft.

Block of control electromagnetic device is designed to control electromagnetic devices passive stabilization of small spacecraft. It is a structurally and functionally finished unit providing simultaneous and independent control of each other three electromagnetic devices. BU EMU provides four modes EMU:

- 0 – spacecraft calm after separation from the launch vehicle;
- 1 – setting the machine on the line of sight;
- 2 – setting the machine on vertical space;
- 3 – orientation recovery unit after emergency.

2.1.3 Power System

Control equipment and controls power of small spacecraft is designed to provide electricity on-board equipment in accordance with the requirements of on-board equipment to the power. The set of the power supply system includes:

- Solar panels;
- accumulator battery;
- One charge-discharge battery device;
- Current controller;
- The control unit;
- Filter.

2.1.4 Control unit systems

Control unit is designed to control and monitor all the technical ICA systems in accordance with the underlying algorithms in the manual and automatic modes of operation of the ICA. The unit includes the following elements:

- Temperature sensors;
- Reception and transmission system;
- Microprocessors and microcontrollers;
- The data interface.

2.1.5 UHF Transmitter

UHF transmitter is intended to transmit and receive telemetry data to the spacecraft radio with the Mission Control Center.

2.1.6 Payload

Selecting payload variants identified the following circumstances. In connection with active development direction for the creation of small spacecraft great importance is the miniaturization of systems of these devices. In the world there are works intensively to develop advanced executive bodies orientation systems on different physical principles: electromechanical, plasma, ion, etc.

Accordingly, as the payload of selected:

- The executive body of the orientation system of small spacecraft-based managed in the flywheel of the engine speed. The prototype of the original design of the executive body proposed for the angular orientation of the projected ICA. It is supposed to check several technical solutions (the use of sliding bearings with solid lubricant, the original flat stator design);

- Laser-ion engine, which may be used as an executive body of the orientation system of small spacecraft. The principle of operation of the engine – the creation of reactive power due to the ejection of the plasma jet.

3 University Mission Control Center

3.1 Appointment of MCC

After starting the microsatellite or kubsata occurs them with the task of managing the Earth. Each individual university practitioner work with educational microsatellites, usually has its own control center. As a rule, MCC uses serial cheap (typical cost 30..35 thousand. Euros) amateur radio equipment and free software. The base station transceiver is used to control the computer.

The Institute for non-destructive inspection of TPU at the Department of precision instrument operates the Mission Control Center (MCC).

The idea of creating MCC appeared based on the following goals and objectives:

- Attracting students and Russian students, and abroad to research activities in the field of space;
- Improving the quality level of bachelor's and master's degrees in "Instrument";
- The accumulation of innovative ideas in the field of Space Device Engineering.

The main requirement of the MCC is the creation of a fully automatic satellite packet station where the station should automatically accept Kepler satellite coordinates, time synchronization, control the position of the antennas and the frequency transceiver to send and receive mail.

3.2 Appointment of telemetry information

Telemetry – obtain information about the values of the measured parameters (voltage, current, pressure, temperature and so on). Controlled and managed objects methods and robot means.

All artificial earth satellites (AES) has as part of its on-board equipment telemetry unit, which collects information about the parameters of operation of the

satellite systems and radio send the data to Earth. Many satellites (radio amateur and university microsattellites) provide an opportunity to any person if it has the appropriate equipment to make telemetry and decode it. Moreover, the majority owners of the satellites (mainly - it is the universities and the amateur radio community) are very interested in the fact that the largest possible number of people to accept, decode and submit them to the owners of satellite telemetry. This is not surprising – after all the main center of the reception of information and management (TSPIU) satellite located at a specific point of the earth surface (as a rule, such centers are established on the basis of owners universities HIS), and the area of near-Earth space, from which these centers can receive information from its satellites, when he enters into it, is limited. This leads to the fact that the owners can not receive the satellite telemetry data when a satellite is out of scope MCC, i.e. in fact, they do not know what was happening to him. The consequences can be very dire – example is the incident March 7, 2007 with the satellite "University - Tatiana" Moscow State University of Russia. Sputnik, after the departure of visibility MCC Zone (located in the Moscow State University, Moscow) on the next turn has ceased to submit any signals. What happened to him while he stayed out of sight and remain anonymous by calling, thus, a lot of speculation. If there was information on the work onboard systems out of sight MCC that might have been able, if not to save the satellite, then at least understand the reason for his failure.

All of the above proves once again the need for the deployment of ground-based system for receiving telemetry data and control of small spacecraft.

4 Structure of MCC

To determine the structure of MCC conducted search and analysis of available information on the scientific and technical literature and the Internet. We studied the experience of similar centers, implemented in other universities and private amateur satellite communication stations.

Based on the goals and objectives of MCC TPU structure has been determined, which suggests the possibility of learning of students, pupils and other interested parties a way of sharing information with telemetry small spacecraft; Communication with the crew of the International Space Station; space surveillance; practical skills of working with receiving and transmitting equipment.

Figure 3 shows a schematic block diagram of the MCC.

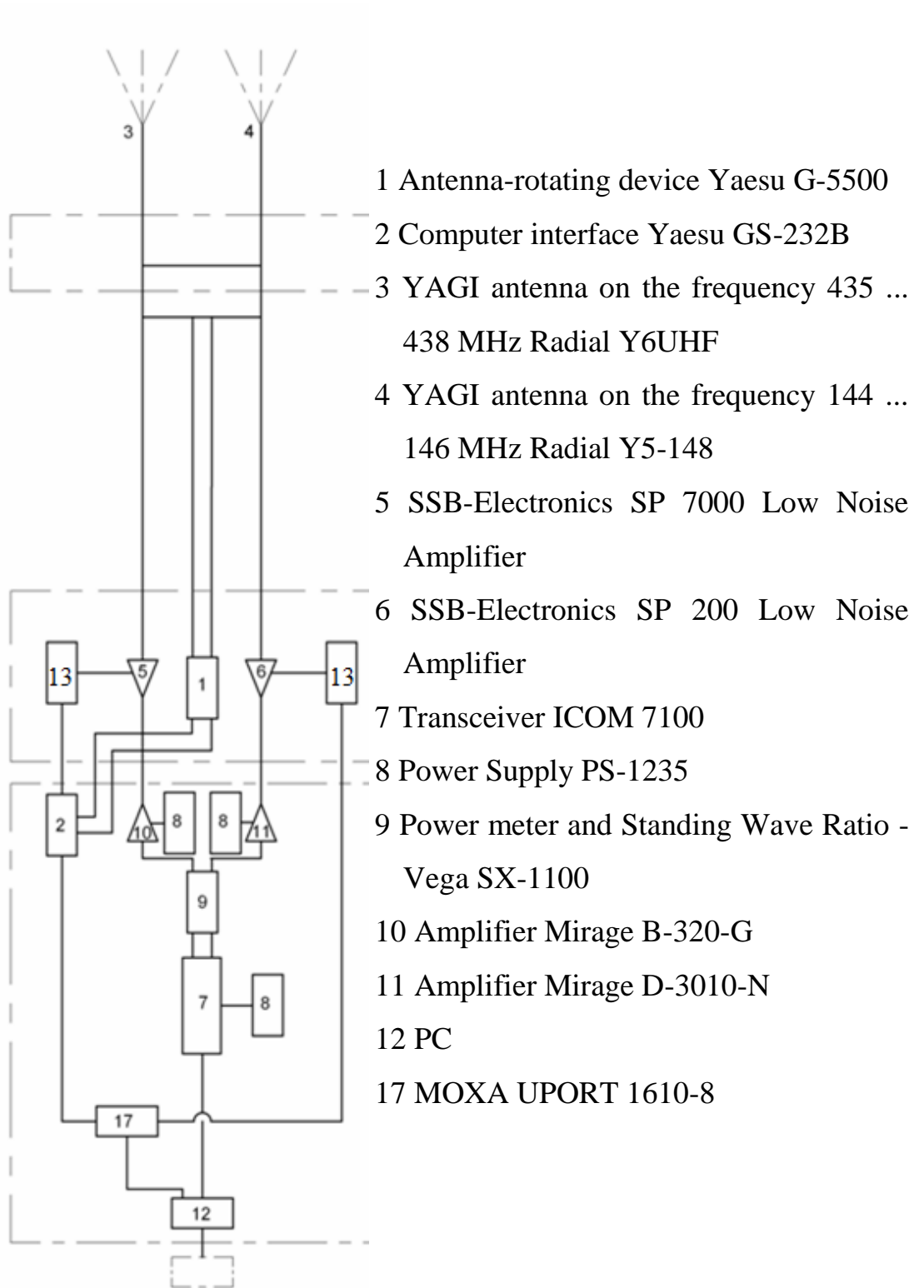


Figure 3 – Structure of MCC

General view of the MCC as a 3D model is shown in Figure 3, 4.

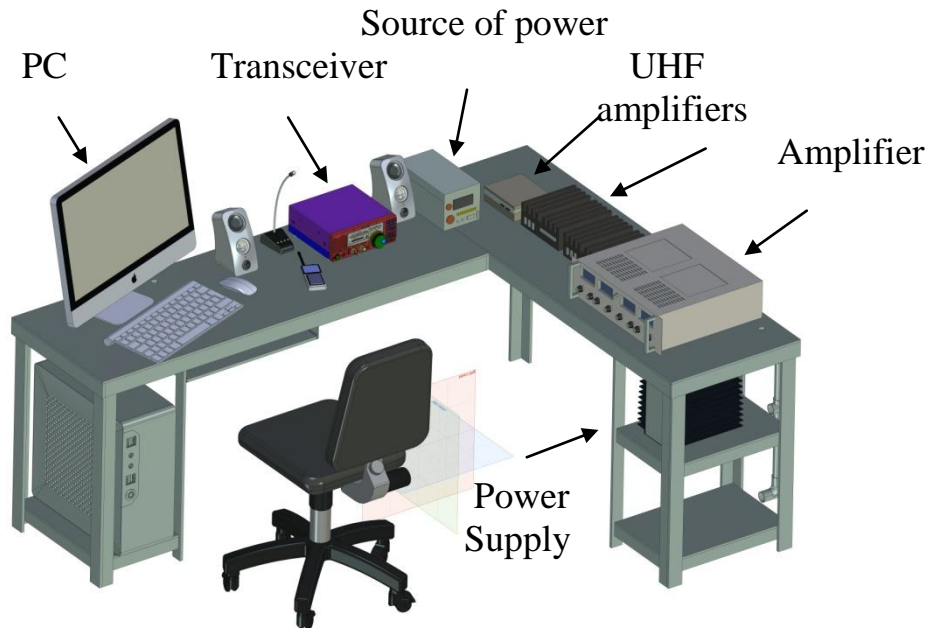


Figure 3 – The transceiver and control station equipment

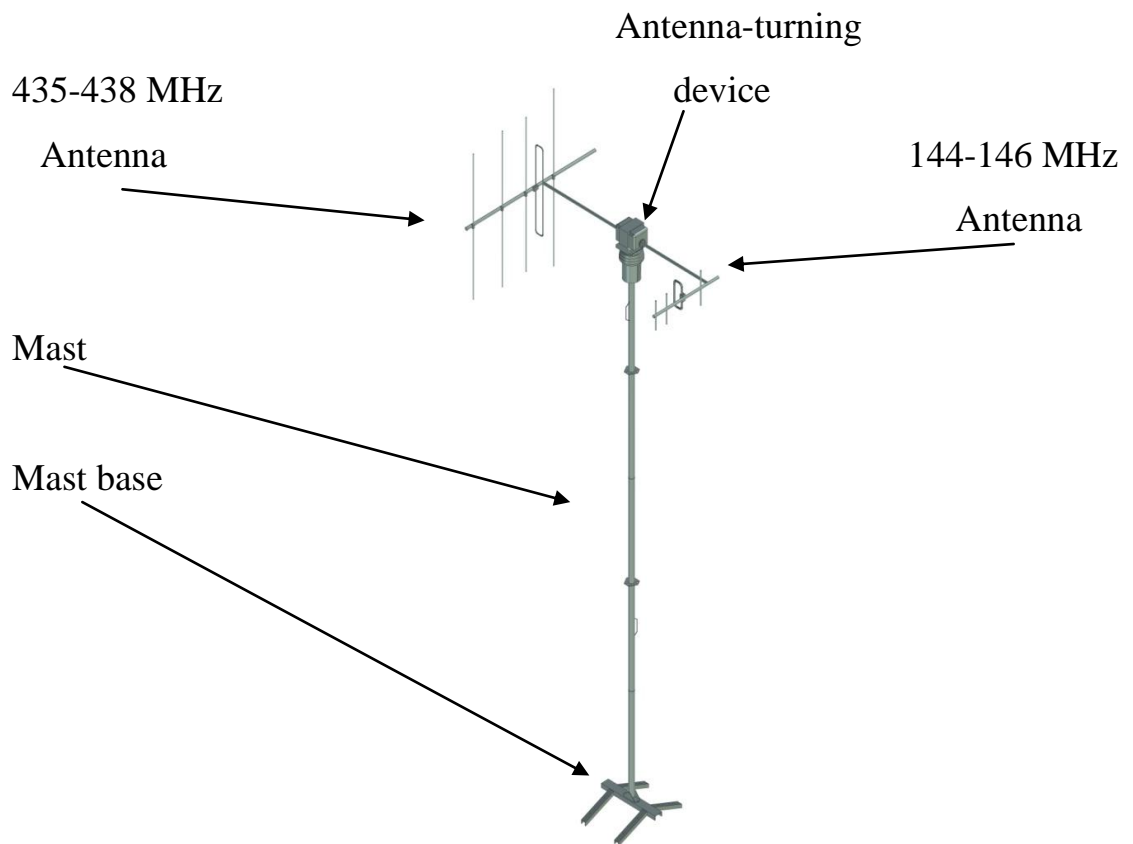
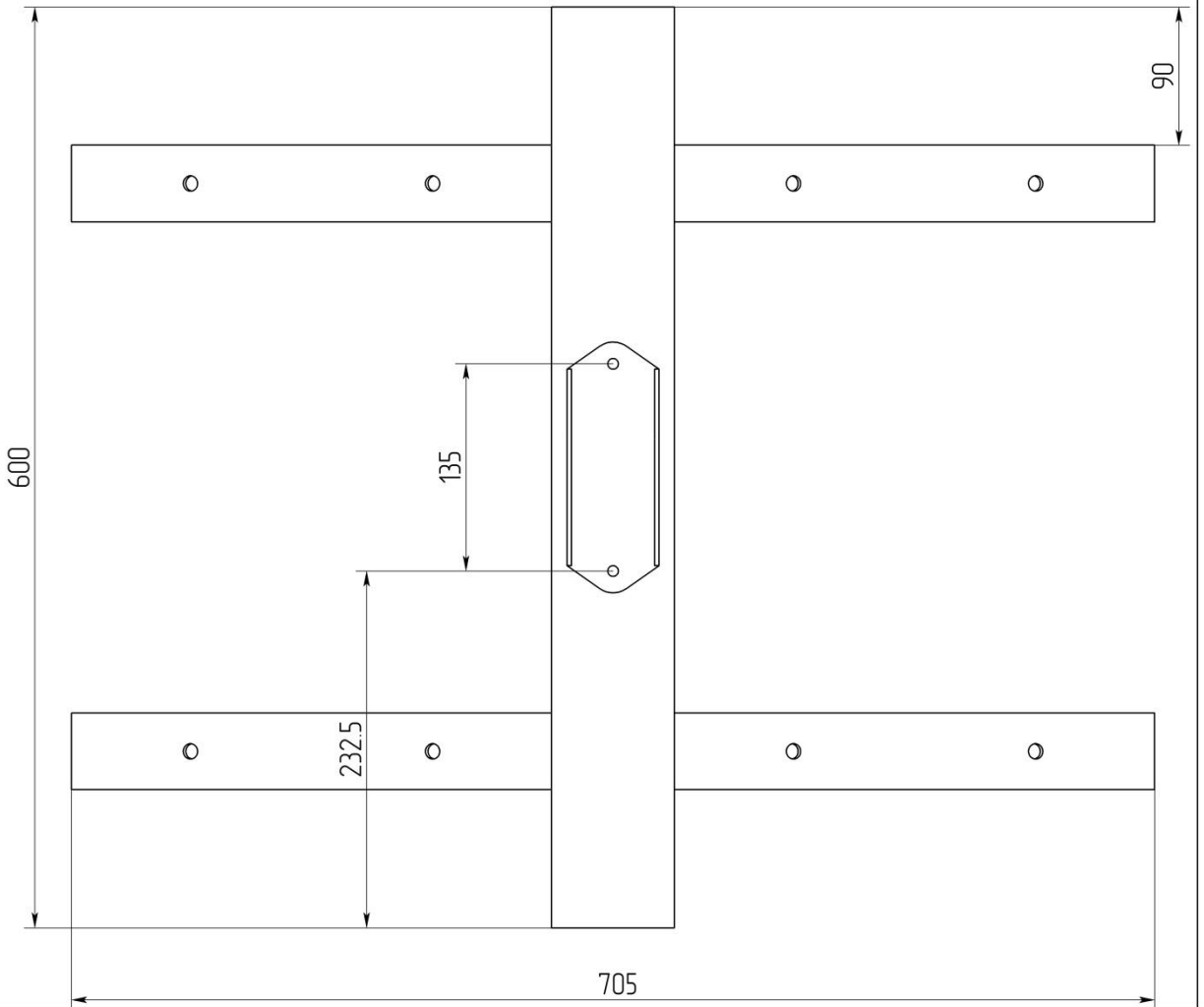
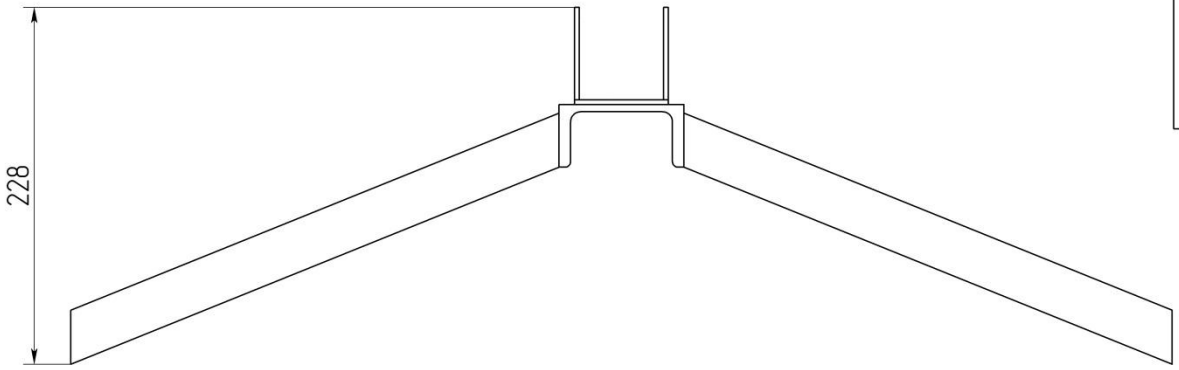


Figure 4 – The antenna system ground station

The main elements of the radio stations are the ICOM-7100, the antenna system of the two multi-element turnstile antenna (in the frequency range of 145 and 435 MHz) Yagi-type supporting-turning device Yaesu G-5500 and computer control interface Yaesu GS-232B. In addition, the system used low-noise amplifiers for reception type SSB Electronics, signal amplifiers Mirage, power meter and SWR type Vega, converter MOXA UPORT interfaces and peripheral devices that provide coordinated operation elements station during sessions satellite communications, which is provided by a personal computer with appropriate software.

Приложение Б

Спецификация, комплект чертежей основания антенной мачты



Изм.№	Поясн.	Исполн.	Дата	Справ. №	Лист	ФЮРА.301711.089

ФЮРА.301711.089 СБ					
Изм.	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Основание антенной мачты Сборочный чертёж
Разработчик	Шевнин Е. А.				
Проектировщик	Коспеленко Т. Г.				
Инженер-контроль	Гармаков А. Н.				
Н.контр.					
Чтб					

Лист	Масса	Масштаб
		12
Лист	Листов	1
ТПУ ИНК гр. 16М4В		

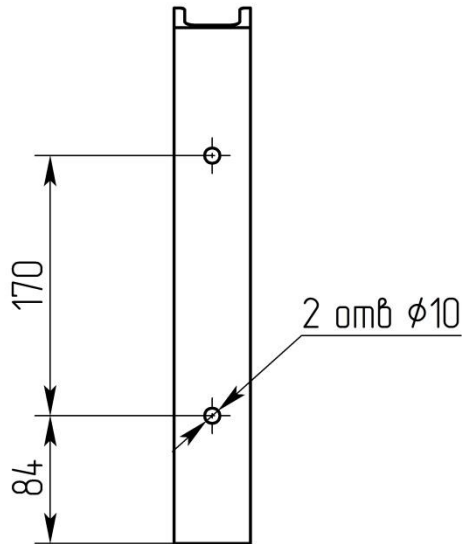
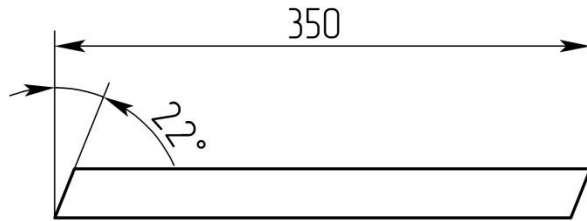
Копировал

Формат А2

ФЮРА.301524.089 02

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв.№ дробл.

Взам.инв.№

Подп. и дата

Инв.№ подл.

Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата
Разраб.		Шевнин Е. А.		
Пров.		Кастюченко Т. Г.		
Т.контр.		Гормаков А. Н.		
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА.301524.089 02

Поперечина

Лист	Масса	Масштаб
		1:4
Лист	Листов	1

Швеллер 5П ГОСТ 8240-89

ТПУ ИНК зр. 16М4В

Копировал

Формат А4

				ГОСТ 3.1118-82			форма 1		САПР					
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
ТехноПро				[25:Изделие]	Основание антенной мачты				1					
Разраб.	Е.А. Шевнин			[9:НаимПредпр]	[25:НомСборки]	[25:НомКомДок]								
Проверил	А.Н. Гормаков			[9:Заказ]	[25:НомДетали]									
Нормир.														
Метролог														
Н.контр.														
М 1														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры		КД	МЗ			
М 2	[4:ЕВ] [7:МД] [6:ЕН] [7:НРасх]		[5:КИМ]	[17:Заготовка]		[36:ПрофРазмеры]		[5:КД] [7:МЗ]						
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа						
Б	Код , наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
01	Требования к технике безопасности при ручной дуговой сварке.													
02														
03	1 Опасные и вредные факторы													
04														
05														
06	1.1 Поражение электрическим током.													
07	1.2 Поражение зрения и открытой поверхности кожи лучами электрической дуги.													
08	1.3 Ожоги от капель металла и шлака.													
09	1.4 Отравление организма вредными газами, пылью и испарениями, выделяющимися при сварке.													
10	1.5 Ушибы, ранения и поражения от взрывов баллонов сжатого газа и при сварке сосудов из-под горючих веществ,													
11	клеев и контрольных составов.													
12														
13	2 Меры безопасности													
14														
15	2.1 При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных работ возможность поражения													
16	током исключается. Поражение от электрического тока происходит при прикосновении к токонесущим частям													
17	электропроводки и сварочной аппаратуры.													
18	2.2 Для защиты лица, глаз и поверхности кожи сварщик должен использовать маску и спецодежду. Для													
19	предупреждения поражения дыхательных путей угарным газом сварка должна проводиться в хорошо проветриваемом													
20	помещении или с использованием принудительной вентиляции.													
21	2.3 При работе пользоваться исправными инструментами, обеспечивающим безопасность исполнителя.													
22														
23														
24														
МК														

										ГОСТ 3.1118-82		Форма 16		САПР							
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро										Основание антенной мачты				2							
										ФЮРА.301711.089 СБ											
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх
01	2.4 Электрооборудование должно быть заземлено до начала работ, подводящие провода должны быть хорошо																				
02	изолированы и не иметь механических повреждений.																				
03																					
04																					
05																					
06																					
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

МК

										ГОСТ 3.1118-82		Форма 16		САПР							
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро										Основание антенной мачты				2							
										ФЮРА.301711.089 СБ											
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
01	+																				
02	Операция										Оборудование и инструменты										
03																					
04																					
05																					
06																					
07	001 Подготовка и очистка заготовки																				
08	1. Внутреннюю и наружную поверхности заготовки очистить от земли и других										Металлическая										
09	загрязнений.										щетка.										
10	2. Осмотреть поверхность и кромки заготовки. В случае необходимости с																				
11	учетом оценки состояния и геометрических параметров торцов и																				
12	заводских фасок определить место выполнения реза заготовки.																				
13																					
14	002 Подготовка кромок										Шаблон сварщика										
15	1. Осмотреть поверхность и кромки заготовок.										УШС-3, линейка,										
16	2. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов										штангенциркуль,										
17	заготовок царапины, риски, задиры глубиной до 5% от нормативной										шлифмашинка.										
18	толщины стенки.																				
19	3. V-образная разделка с суммарным углом скоса 60-80 градусов.																				
20	Притупление составляет 2-8 мм. Кромки устанавливать с зазором 2-4 мм.																				
21																					
22	003 Сборка труб																				
23	1. Произвести сборку деталей под сварку.										Струбцины										
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

МК

										ГОСТ 3.1118-82			форма 16			САПР					
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро										Основание антенной мачты											
										ФЮРА.301711.089 СБ											
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции										Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх	
01	004 Сварка стыка																				
02	1. Выполнить прихватки равномерно по периметру стыка, зачистить прихватки																				
03	и обработать шлифовальным кругом начальный и конечный участки каждой																				
04	из них;																				
05	2. Выполнить сварку корневого слоя шва. Диаметр электрода для толщины																				
06	металла 6-8 мм - 4 мм.																				
07	3. Тщательно зашлифовать абразивным кругом корневой слой шва;																				
08	4. Выровнять шлифмашинкой или напильником видимые грубые участки																				
09	поверхности облицовочного слоя шва и зачистить прилегающую																				
10	поверхность.																				
11																					
12																					
13																					
14	005 Контроль качества сварного шва																				
15	1. Провести ВИК.																				
16																					
17	006 Окрашивание																				
18	1. Поверхности металлоконструкций за 3-4 часа перед окраской должны быть																				
19	очищены от ржавчины с помощью стальных щеток или химическим путем и																				
20	обезжирены.																				
21	2. Нанесение окрасочного состава кистью.																				
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

МК