

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **12.03.01 Приборостроение**
 Отделение **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система электропитания малого космического аппарата

УДК 629.782.064.5:621.311.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Тамара Георгиевна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.Н. Гормаков	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
<i>Универсальные компетенции</i>	

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **12.03.01 Приборостроение**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ А.Н. Гормаков
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич

Тема работы:

Система электропитания малого космического аппарата	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.11.2018, 10356/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Объект разработки – система электропитания малого космического аппарата с пассивной системой ориентации.</p> <p>Требования к системе электропитания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Автономность работы на всех участках орбиты - Обеспечение подсистем малого космического аппарата мощностью не менее 20 Вт - Обеспечение максимальной эффективности работы солнечной батареи <p>Мощность, генерируемая системой электропитания должна составлять 20 Вт.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(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).</i></p>	<p>Обзор литературы</p> <p>Расчет необходимого количества фотоэлектрических преобразователей для солнечной батареи</p> <p>Разработка устройства для отбора максимальной мощности солнечной батареи</p> <p>Моделирование в пакете Proteus 8</p> <p>Оформление принципиальной схемы в системе автоматизированного проектирования Altium Designer 19</p> <p>Дополнительны разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» «Социальная ответственность»</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема системы электропитания</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына З. В
Социальная ответственность	Гуляев М.В

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

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.11.2018
--	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Бакалавриат	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	Работа с информацией, представленной в аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. Расчет бюджета научно-исследовательской работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа; выявление потребностей заказчика; анализ конкуренто-технических решений с позиций ресурсоэффективности и ресурсосбережения; проведение SWOT-анализа; проведение оценки готовности проекта к коммерциализации.
1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИ, бюджет НИ.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. График проведения и бюджет НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.11.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына З.В	Кандидат технических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б5В	Булатову Максиму Евгеньевичу

Школа	Школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (ОКД)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	12.03.01 «Приборостроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объект исследования – система электропитания мал ого космического аппарата. Рабочая зона – 4 корпус, 105 аудитория (учебно-научная лаборатория САПР) Оборудование - ПЭВМ
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы проектируемой производственной среды; – проанализировать выявленные опасные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – неудовлетворительное освещение; – неудовлетворительный микроклимат; – повышенный уровень электромагнитного излучения (ЭМИ); – электробезопасность
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта исследования на окружающую среду; – анализ влияния процесса исследования на окружающую среду;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС – пожар; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий; – Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

27.11.2018

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б5В	Булатов Максим Евгеньевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **12.03.01 Приборостроение**
 Уровень образования **бакалавриат**
 Отделение **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2019	<i>Обзор научно литературы по теме</i>	10
15.03.2019	<i>Выбор элементов, входящих в систему электропитания</i>	10
30.03.2019	<i>Выполнение расчетов необходимого количества фотоэлектрических преобразователей</i>	15
20.04.2019	<i>Разработка принципиальной схемы системы электропитания</i>	20
10.05.2019	<i>Написание программы для микроконтроллера Atmega 88</i>	20
25.05.2019	<i>Составление доклада и оформления расчетно-пояснительной записки</i>	20
29.05.2019	<i>Корректировка ВКР по результатам обсуждения на предзащите</i>	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гормаков А.Н	к.т.н.		

Реферат

Пояснительная записка содержит 91 с., 25 таблиц, 29 рисунков, графический материал, 2 приложения.

Ключевые слова малый космический аппарат, система электропитания, шаговый регулятор мощности, atmega88, ДЗЗ, солнечная батарея, аккумуляторная батарея.

Объект разработки является создание системы электропитания малого космического аппарата мощностью 20 Вт.

Цель работы: создание системы электропитания малого космического аппарата с системой максимального отбора мощности солнечной батареи и контролем разряда аккумуляторной батареи.

В процессе работы для исследования работы системы электропитания использован САПР proteus 8, промоделирована работы системы электропитания на всех участках солнечно-синхронной орбиты.

Применение: Создание малых космических аппаратов с пассивной системой ориентации и возможностью установки подсистем суммарной мощностью 20 Вт.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, анализ работы принципиальной схемы выполнен в САПР proteus 8, принципиальная схема выполнена в программе Altium designer 19.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования номенклатура видов защиты.

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

ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

ГОСТ Р МЭК 60127-1—2005. Миниатюрные плавкие предохранители. Часть 1. Терминология для плавких предохранителей и общие требования к миниатюрным плавким вставкам.

ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.

СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011.

СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.

СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.

ГОСТ 30494-2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011. 12

ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984.

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические, 2009.

НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.

Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).

Специальная оценка условий труда в ТПУ (СОУТ ТПУ), 2018.

Обозначения и сокращения

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

СБ – панели солнечных батарей

ТПУ – Томский политехнический университет

ТЗ – техническое задание

КА – космический аппарат

МКА – малый космический аппарат

ВУЗ – высшее учебное заведение

СЭП – система электропитания

ВАХ – вольтамперная характеристика

ВВХ – вольт-ваттная характеристика

ФЭП – фотоэлектрический преобразователь

АБ – аккумуляторная батарея

ШС – шунтовой стабилизатор

БС – балластное сопротивление

ЗУ – зарядное устройство

РУ – разрядное устройство

СН – стабилизатор напряжения

ШРМ – шаговый регулятор мощности

ТММ – точка максимальной мощности

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

Определения

Широтно-импульсная модуляция: управления мощности методом пульсирующего включения и выключения прибора.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съёмочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съёмочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные, и активные — использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия.

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. Средствами доставки космических аппаратов на орбиту служат ракеты-носители или самолёты.

Малый космический аппарат – тип искусственных спутников земли, имеющих малый вес и размеры. Обычно малыми считают спутники с массой менее 0.5 – 1 тонны. Существует более подробная классификация типов в зависимости от массы. Запуск малых спутников на орбиту может производиться более простыми ракетами (например, РН на базе МБР) или в качестве дополнительной нагрузки к обычным спутникам.

Оглавление

Введение	16
Глава 1 Теоретическая часть	17
1.1 Классификация космических аппаратов	17
1.2 Назначение малых космических аппаратов и область их применения	18
1.3 Назначение и состав системы электропитания космического аппарата	19
1.3.1 Источник энергии	19
1.3.2 Аккумуляторная батарея	21
1.3.3 Блок управления системы электропитания	22
Глава 2 Проектирование системы электропитания	26
2.4 Разработка системы электропитания	26
2.4.1 Сводка энергопотребления	26
2.4.2 Выбор аккумуляторной батареи	26
2.4.2 Расчет необходимого количества фотоэлектрических преобразователей.	28
2.4.3 Фотоэлектрический модуль	32
2.5 Шаговый регулятор мощности.	34
2.5.1 Алгоритм работы ШРМ	35
2.5.2 Измеритель тока	38
Глава 3 Результаты моделирования СЭП	42
3.5.6 Модель солнечной батареи	42
3.5.7 Результат работы ШРМ.....	43
3.6 Контроль заряда аккумуляторной батареи	45
3.6.1 Обеспечение температурного режима для работы АБ	48
3.7 Распределение энергии	48
Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	50
4.1.2. SWOT-анализ	52
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	54
4.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	55
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	58
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	58

4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	60
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	61
4.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	62
4.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	63
4.3.6	Расчет затрат на научные и производственные командировки	64
4.3.7	Контрагентные расходы.....	64
4.3.8	Накладные расходы	64
4.3.9	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	64
	Общий вывод по разделу	67
	Глава 5 Социальная ответственность.....	68
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	69
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	70
5.2	Производственная безопасность	71
5.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	71
5.3	Экологическая безопасность	78
5.3.1	Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду	78
5.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	79
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	80
5.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	81
	Заключение	84
	Список использованных источников	85
	Приложение А	88
	Приложение Б.....	90
	Приложение В	91

Введение

Прогресс современных науки и технологий достиг такого уровня, что выпускаемая аппаратура становится все более миниатюрной и компактной, не теряя при этом функционального назначения. В связи с этим начало XXI века ознаменовалось активным развитием отрасли производства малых космических аппаратов (МКА).

Уменьшение габаритов и массы является большим преимуществом в области космического приборостроения, поскольку это влечет за собой существенное снижение финансовых затрат на проектирование и вывод КА на орбиту.

Относительная дешевизна создания малых космических аппаратов привлекает внимание малых предприятий и ВУЗов многих стран.

На сегодняшний день вокруг Земли кружит огромное количество малых спутников, созданных в ведущих ВУЗах мира.

Целью данной работы является создание системы электропитания для обеспечения энергией МКА ДЗЗ с градиентно-гравитационной системой ориентации. Средняя мощность, которую вырабатывает СЭП в процессе обращения МКА вокруг Земли по солнечно-синхронной орбите, должна быть не меньше 20 Вт.

Система электропитания преобразует энергию от ФЭП, перезаряжает АБ, преобразует напряжение и подает питание на подсистемы МКА. Задача состоит в том, чтобы определить необходимо количество ФЭП, выбрать АБ, разработать систему отбора максимальной мощности СБ, разработать устройство для контроля разряда АБ.

В данной работе рассчитано необходимо количество ФЭП, выбрана АБ, разработан ШРМ для увеличения эффективности работы СБ, проведено моделирование ШРМ в САПР proteus 8.

Глава 1 Теоретическая часть

1.1 Классификация космических аппаратов

Космические аппараты разделяют по назначению, траектории полета, длительности работы, степени автономности функционирования, техническому исполнению.

По назначению КА делят на:

1. Научно-исследовательские КА – решают задачи, связанные с изучением околоземного и солнечного пространства;
2. КА систем специального применения – боевые аппараты, аппараты, применяемые в качестве источника света, энергии и т.д;
3. Информационного обеспечения – аппараты, предназначенные осуществления связи, телевидения, ретрансляции, навигации и осуществления геодезии Земли.

По траектории полета:

1. Околоземные аппараты, которые, в свою очередь, делятся на низкие круговые орбиты, средние круговые орбиты, высокоэллиптические и геосинхронные круговые орбиты.
2. Околосолнечные орбиты.

По длительности функционирования:

1. Малоресурсные, функционирующие до 1 года.
2. Среднересурсные (до 5 лет)
3. Долгоресурсные (более 5 лет)

По степени автономности функционирования аппараты разделяют по уровню загрузки наземных средств:

1. Непрерывная.
2. Сеансная.
3. По заявкам, работа с КА ведется на начальном этапе или при аварийных ситуациях.

По техническому исполнению:

1. Орбитальные станции.
2. Пилотируемые космические корабли.
3. Автоматические КА.

1.2 Назначение малых космических аппаратов и область их применения

МКА – это такой вид искусственных спутников Земли, который имеет малую массу и габариты. Обычно малыми считают спутники, которые имеют массу менее 0,5 – 1 тонны. На таблице 1 показана классификация малых спутников, которая подразделяется в зависимости от массы искусственного спутника [1].

Таблица 1 – Классификация малых космических аппаратов [2]

Класс КА	Диапазон масс
Малые КА верхнего массового диапазона	100 – 500 кг
Микроспутник	10 – 100 кг
Наноспутник	1 – 10 кг
Пикоспутник	Менее 1 кг
Фемтоспутник	10 – 100 г

Задачи ДЗЗ, решаемые с помощью космических средств, были сформулированы во многих работах специалистов различных областей народного хозяйства и науки. Они могут быть классифицированы по следующим тематическим направлениям [1]:

- сельское хозяйство;
- климатология, контроль глобальных атмосферных изменений;
- поиск полезных ископаемых и энергоносителей;

- землепользование;
- наблюдение прибрежных зон и океанов;
- лесное хозяйство;
- контроль водных ресурсов;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций.

1.3 Назначение и состав системы электропитания космического аппарата

Система электропитания космического аппарата – совокупность первичного и вторичного источников, а также накопителей и преобразователей электроэнергии, зарядных устройств и автоматики, взаимосвязанных между собой для обеспечения электрической энергией бортовых электро- и радиотехнических устройств космического аппарата. Система электропитания космического аппарата влияет на его внешний вид, конструкцию, массу, срок активного существования [2].

Современные СЭП КА содержат: накопитель энергии, источник энергии, устройство автоматического управления, согласующие устройства.

Основными задачами СЭП являются:

- Стабилизация тока и входного напряжения;
- Обеспечение заряда аккумуляторной батареи;
- Стабилизация выходного напряжения;
- Обеспечение защиты аккумулятора от перезаряда и переразряда.

1.3.1 Источник энергии

Для получения энергии могут использовать различные способы преобразования: ядерное, химическое или фотоэлектрическое преобразование.

Ядерный источник используется как тепловыделительный элемент. Электричество получают при помощи термоэлектрического преобразователя.

Такие источники питания подходит для миссий дальнего космоса, так как в случае аварии есть риск радиоактивного заражения на поверхности Земли.

Химические источники энергии – электрические батареи, заряженные перед стартом. Данный источник энергии подходит только для коротких миссий.

Третий способ получения энергии основан на преобразовании светового потока, излучаемого Солнцем, в электрическую энергию. Для этого на поверхности КА устанавливают фотоэлектрические преобразователи, количество и расположение которых зависит от требуемого значения вырабатываемой мощности.

Солнечные батареи состоят из полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей. Данное преобразование энергии основано на фотоэлектрическом эффекте, возникающем в неоднородных полупроводниковых структурах под воздействием солнечного излучения.

Вольт-амперная характеристика ФЭП имеет следующий вид (рисунок 1):

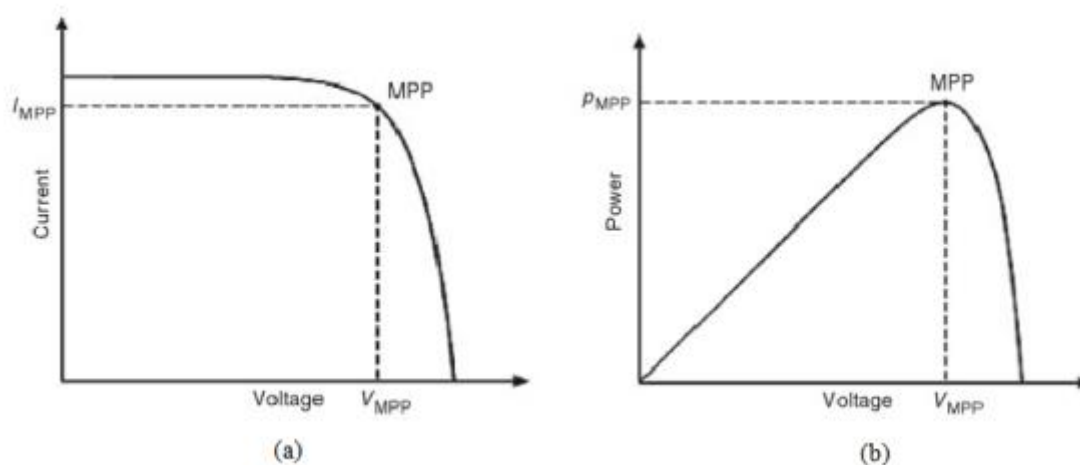


Рисунок – 1 ВАХ и ВВХ ФЭП

Вольт-ватная характеристика ФЭП, изображенная на рисунке 1, имеет явно выраженную точку максимума, которая при изменении внешних условий (температура и освещение) может менять свое положение (рисунок 2). Из сказанного выше следуют, что для оптимальной работы солнечной батареи необходимо на протяжении всего жизненного цикла аппарата регулировать напряжение на СБ.

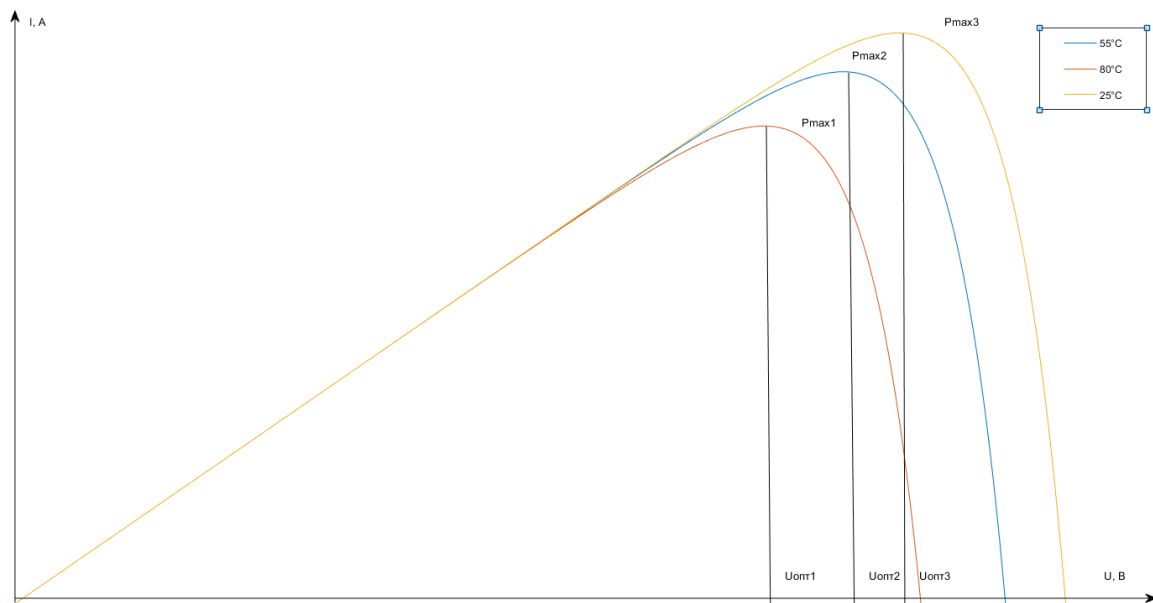


Рисунок 2 – Вольт-ватные характеристики ФЭП при различных значениях температуры

1.3.2 Аккумуляторная батарея

Аккумуляторные батареи являются химическими источниками электрической энергии многократного использования в режимах заряд-разряд, обеспечивая работу аппаратуры КА в случае недостатка энергии СБ на освещенных участках орбиты или на теневых участках.

Количество циклов заряда - разряда АБ определяется числом сеансов с пиковой нагрузкой и количеством витков с теневыми участками Земли за срок активного существования КА и зависит от типа орбиты.

АБ должны удовлетворять ряду требований, таким как надежность, длительной срок службы, малая деградация удельных характеристик при большом числе циклов заряда-разряда.

Наиболее распространёнными являются АБ с герметичными аккумуляторами следующих типов: серебряно-цинковые, серебряно- кадмиевые, кадмий-никелевые. В настоящее время используют никель-водородные и

литиево-ионные. В таблице 2 представлены энергетические характеристики различных типов АБ.

Таблица 2 - Характеристики АБ [2]

Тип АБ	Удельная энергия, Вт*ч/кг	Срок начала эксплуатации
Серебряно-цинковые	10...20	1957
Серебряно-кадмиевые	36...43	1965
Кадмий-никелевые	22...28	1970
Никель-водородные	33...60	1972
Литиево-ионные	100...130	2011

1.3.3 Блок управления системы электропитания

В задачу организации электропитания входит:

- Выдача электропитания с заданным уровнем мощности;
- Регулирование мощности в цепях электропитания с учетом деградации СБ и АБ;
- Управлением заряда и разряда АБ;
- Формирование сигнала на отключение сеансной нагрузки при длительном перезаряде АБ.

Для КА информационного обеспечения разработаны две принципиально различные схемы питания. Схема с общей шиной питания – величина напряжения на нагрузке определяется напряжением на АБ, которое ограничено номинальным напряжением на аккумуляторе сверху и напряжением СБ снизу. При достижении верхнего порога напряжения СБ отключается и питание нагрузки осуществляется от АБ, что приводит ее разряду. При достижении нижнего уровня напряжения СБ подключается на заряд АБ и питание потребителей.

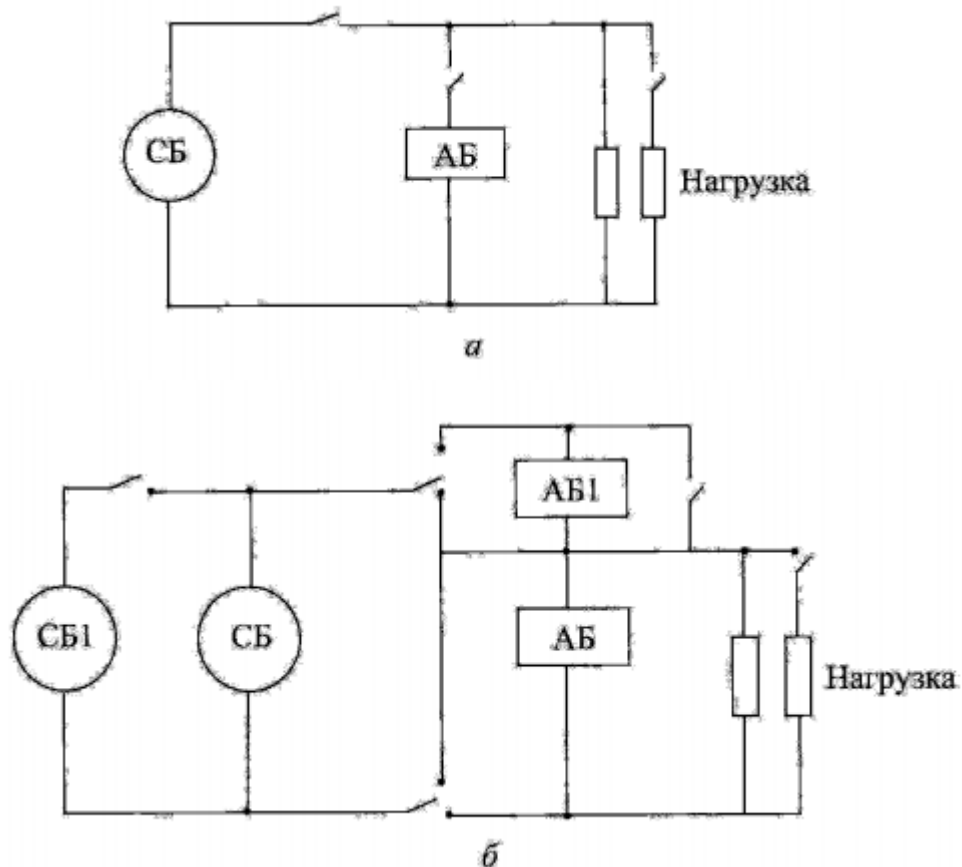
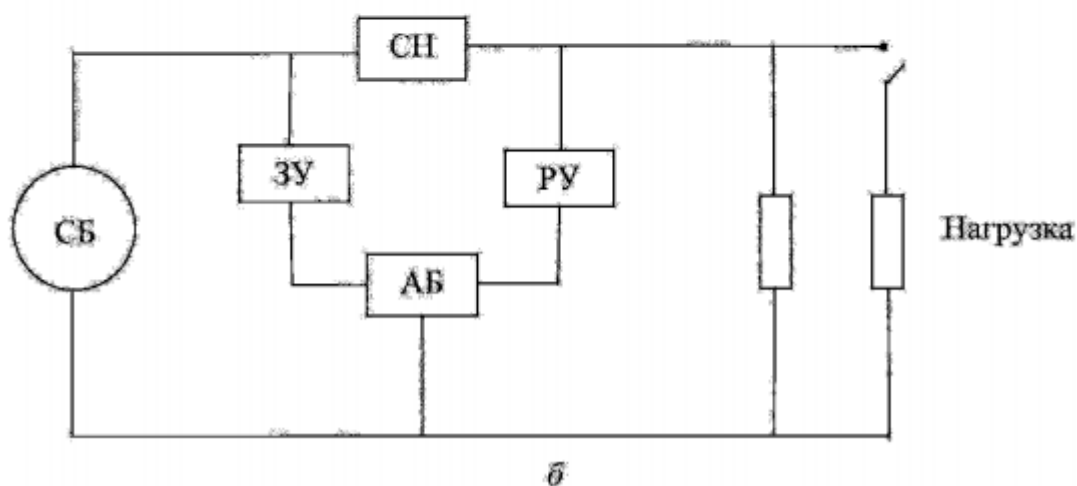
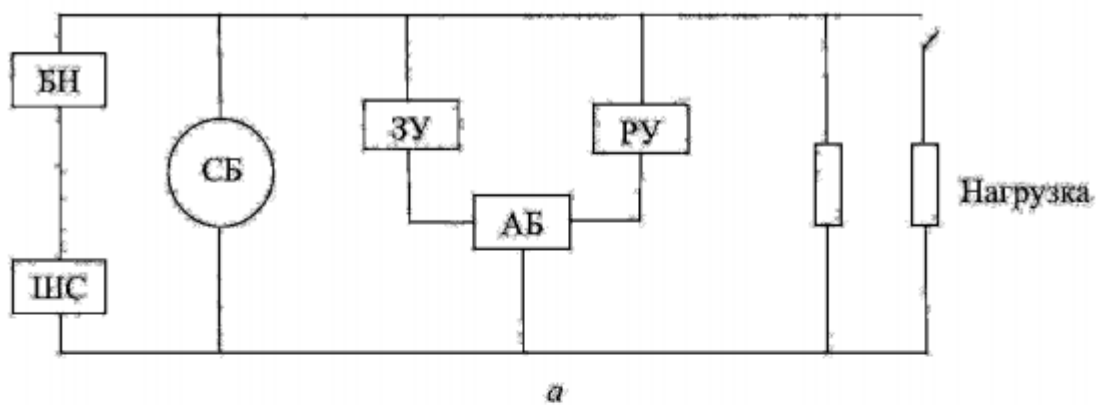


Рисунок 3 – Схема с общими шинами электропитания: а – одноуровневая; б – двухуровневая

В одноуровневой схеме с общей шиной электропитания (рисунок 3, а) энергия постоянно проходит через АБ, из-а чего снижается эффективность использования СБ, поскольку диапазон изменения значений напряжения в данном случае очень большой. В двухуровневую схему (рисунок 3, б) входят дополнительные солнечные батареи и аккумуляторы, компенсирующие деградацию основных СБ и АБ в течение срока эксплуатации.

В схеме с отдельными шинами электропитания АБ подключена к шинам электропитания через зарядное устройство (ЗУ) и разрядное устройство (РУ), что исключает влияние изменения напряжения АБ на напряжение нагрузки. В этом случае возможен режим эксплуатации АБ в широком диапазоне напряжений, что повышает их энергоотдачу.



а – параллельная; б – последовательная

Рисунок 4 – Схема с отдельными шинами электропитания

Регулирование напряжения на нагрузке и его стабилизация в схеме с отдельными шинами питания реализуется двумя способами; параллельным и последовательным (рисунок 4, а, б)

При параллельном способе регулирование напряжения на нагрузке осуществляется шунтовым стабилизатором (ШС) и разрядным устройством АБ по команде от порогового устройства ШС. СБ соединяются с нагрузкой, что исключает потери на стабилизацию напряжения. Избыточная мощность сбрасывается на балластное сопротивление (БС). Данный способ регулирования применяется на геостационарных орбитах.

При срабатывании нижнего порога напряжения включается ШС, который управляет подачей электроэнергии с СБ: на нагрузку, для заряда АБ или на балластную нагрузку, если АБ уже заряжена. При срабатывании верхнего порога

напряжения разрядное устройство обеспечивает выдачу энергии с АБ на нагрузку с одновременной стабилизацией.

При последовательном способе регулирования напряжения осуществляется стабилизатором напряжения (СН) и РУ АБ.

Постоянный ток, поступающий в СН, преобразуется в импульсный ток заданной частоты с последующим выпрямлением в постоянный. Изменением частоты импульсного тока регулируется величина поступающей с СБ мощности за счет того, что избыточный ток рассеивается в цепях СЭП. Шина СБ отделяется от шины нагрузки.

Глава 2 Проектирование системы электропитания

2.4 Разработка системы электропитания

В разработку СЭП входит расчет необходимого количества ФЭП для СБ, подбор аккумуляторов для обеспечения МКА энергией на протяжении всего цикла существования. Необходимо разработать систему отбора максимальной мощности для СБ для получения лучшего соотношения массы к получаемой энергии. Необходимо разработать разрядное устройство для аккумуляторных батарей, чтобы не допускать переразряда АБ. В таблице 3 представлена сводка энергопотребления

2.4.1 Сводка энергопотребления

Таблица 3 - Сводка энергопотребления

Наименование	Потребляемая мощность	Рабочее напряжение
Передачик	Передача: <2 Вт	(6,5 – 9) В
Камера	3 Вт	3,3 В
Многофункциональный компьютер	3 Вт	(3,3 – 5) В
Аккумуляторные батареи (заряд)	10 Вт	4.2 В

2.4.2 Выбор аккумуляторной батареи

Для обеспечения МКА энергией на темной стороне орбиты необходимо оборудовать СЭП аккумуляторной батареей, которая может обеспечить служебные системы МКА мощностью 5 Вт в течение 32 минут. Для данной цели в качестве основного аккумулятора подходит Lithium-ion rechargeable cell 18650,

изображенная на рисунке 5, с параметрами, представленными в таблице 4. Данный аккумулятор поставляется вместе с нагревательным элементом для обеспечения оптимального режима заряда.

Таблица 4 - Параметры Lithium-ion rechargeable cell 18650-NL3 [6]

Наименование	Значение
Номинальное напряжение	3,7 В
Емкость	2600 мА*час
Напряжение заряда	(3,7-4,2) В
Ток заряда	(1-2,5) А
Время зарядки	70 мин
Вес	48 г
Габариты	Диаметр – 18 мм Длина – 65 мм

Для работы СЭП напряжение, генерируемое АБ должно быть не меньше 12 В. Чтобы получить 12 В на выходе АБ необходимо последовательно соединить 4 аккумулятора 18650.



Рисунок 5 – Lithium-ion rechargeable cell 18650

2.4.2 Расчет необходимого количества фотоэлектрических преобразователей.

В качестве солнечного элемента выбран ФЭП SC-3GA-3 со следующими параметрами, отображенными в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры GaAs фотоэлектрического преобразователя [7]

Параметры	Значение
Ток короткого замыкания, $I_{кз}$	0,42 мА
Напряжение холостого хода, $U_{хх}$	2,73 В
Коэффициент полезного действия, η	30%
Вес, m	80 мг/см ²
Максимальная мощность, $P_{опт}$	1 Вт

Энергия, вырабатываемая солнечной батареей за один виток вокруг Земли, зависит от множества факторов. В данном разделе произведен расчет вырабатываемой энергии за один виток вокруг Земли без учета потерь при изменении температуры. Энергию солнечной батареи можно определить, как произведение мощности и времени:

Вращаясь вокруг Земли, КА периодически входит и выходит из области ее тени. Размер теневой области зависит от высоты и угла наклона круговой орбиты. В расчетах область полутени не учитывается, так как ее размеры очень малы. Схема движения КА по солнечно-синхронной орбите представлена на рисунок 6.

Размер теневой области можно определить при помощи следующей формулы (2) [5].

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R_e}{R_e + H}\right), \quad (2)$$

где R_e – радиус Земли;

H – высота орбиты;

$$T_{\text{ночи}} = \frac{180^\circ - 2\alpha}{360^\circ}. \quad (3)$$

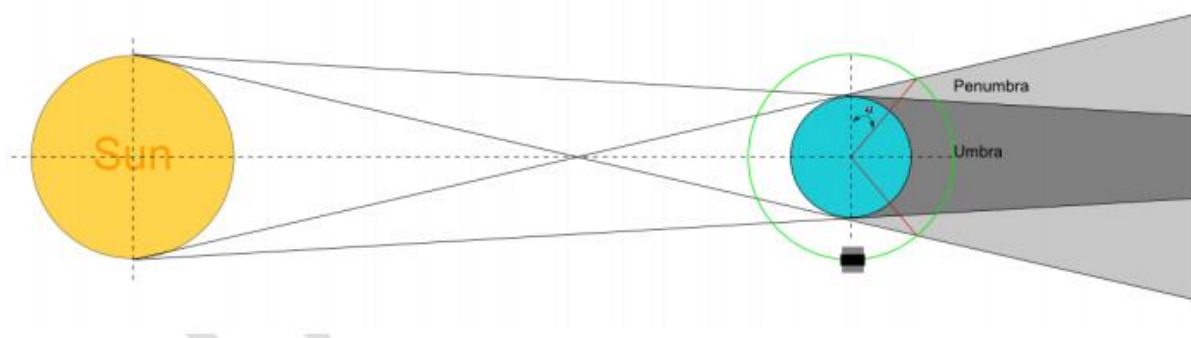


Рисунок 6 – Схема, поясняющая движение МКА по орбите

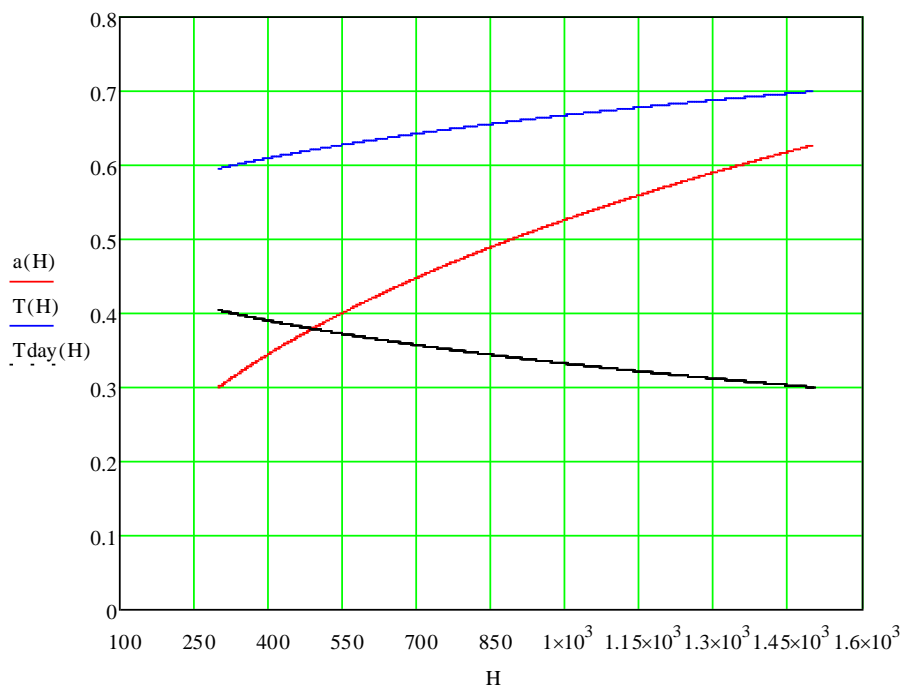


Рисунок 7 – Зависимость угла α от высоты орбиты

МКА ДЗЗ обычно запускают на солнечно-синхронную орбиты, высота которой составляет (500 – 700) км. Для высоты 600 км $T_{\text{дня}} = 64\%$, $T_{\text{ночи}} = 36\%$.

Время, за которое МКА совершает виток вокруг орбиты, - 5400 с. Зависимость размера теневой области от высоты солнечно-синхронной орбиты изображена на рисунок 7.

Мощность, получаемая от СБ, зависит от угла падения солнечных лучей на поверхность СБ. Солнечная батарея генерирует наибольшее значение мощности, когда угол падения солнечных лучей на ее поверхность равен 0° , минимальное значение мощности СБ генерируется при значениях угла падения $\pm 90^\circ$.

Теоретическая зависимость мощности от угла падения солнечных лучей показана на рисунке 8.

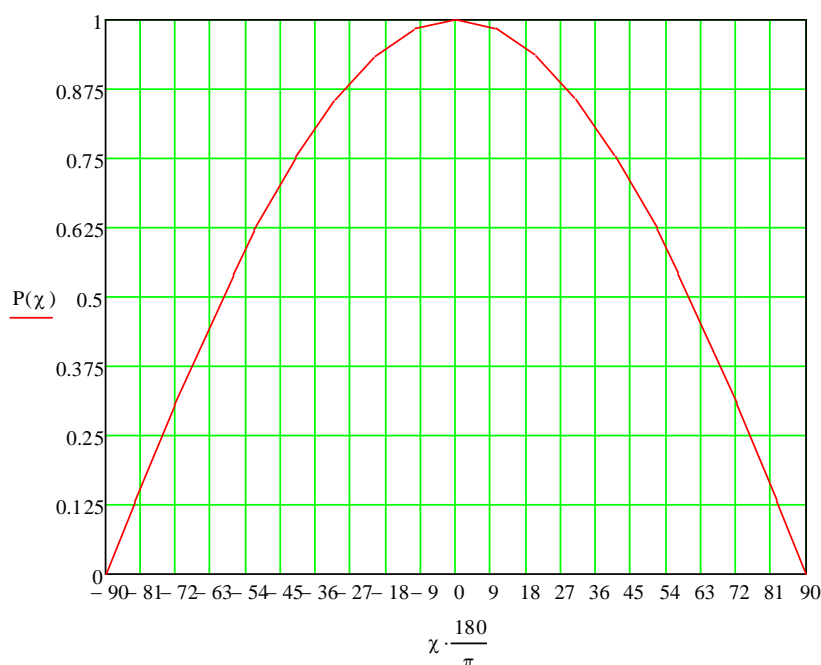


Рисунок 8 – Зависимость мощности СБ от угла падения солнечных лучей

На МКА используется гравитационная система ориентации, СБ закреплены неподвижно, из-за чего ФЭП расположены на 4 гранях МКА (рисунок 9)

На протяжении всего времени нахождения МКА на освещенной части орбиты солнечные лучи будут падать под разными углами в зависимости от положения спутника. Изменение освещенности ФЭП в зависимости от положения КА показано на рисунке 10.

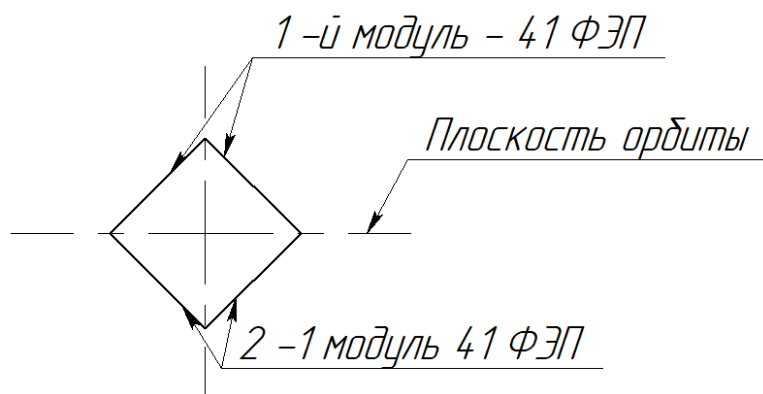


Рисунок 9 – Расположение ФЭМ.

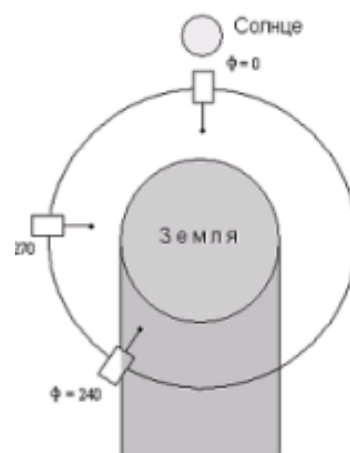
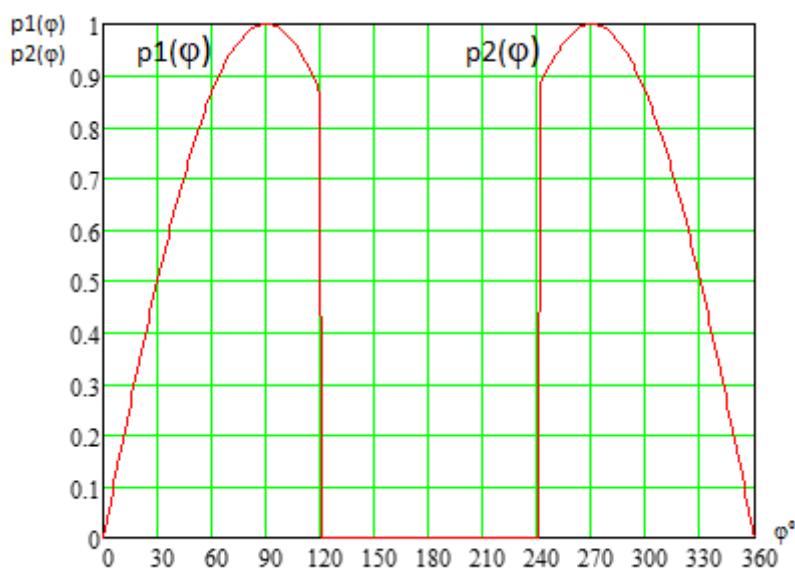


Рисунок 10 – Изменение освещенности в зависимости от положения КА, где $r_1(\phi)$ – коэффициент мощности ФЭМ1, $r_2(\phi)$ - коэффициент мощности ФЭМ2

Первая СБ генерирует энергию в диапазоне 0° до 120° , после чего она уходит в тень и энергию начинает генерировать вторая СБ, расположенная на противоположной стороне КА.

Средневитковый коэффициент мощности можно рассчитать, проинтегрировав $p_1(\varphi)$ и $p_2(\varphi)$

$$p = \frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{120} p_1(\varphi) + \int_{240}^{360} p_1(\varphi) \right) = 0.477 \quad (4)$$

Тогда для обеспечения МКА средневитковой мощностью 20 Вт необходимо установить:

$$n = 2 \frac{P_{\text{ФЭП}} \cdot P_{\text{треб}}}{p} = 2 \frac{1\text{Вт} \cdot 20\text{Вт}}{0,477} = 82. \quad (5)$$

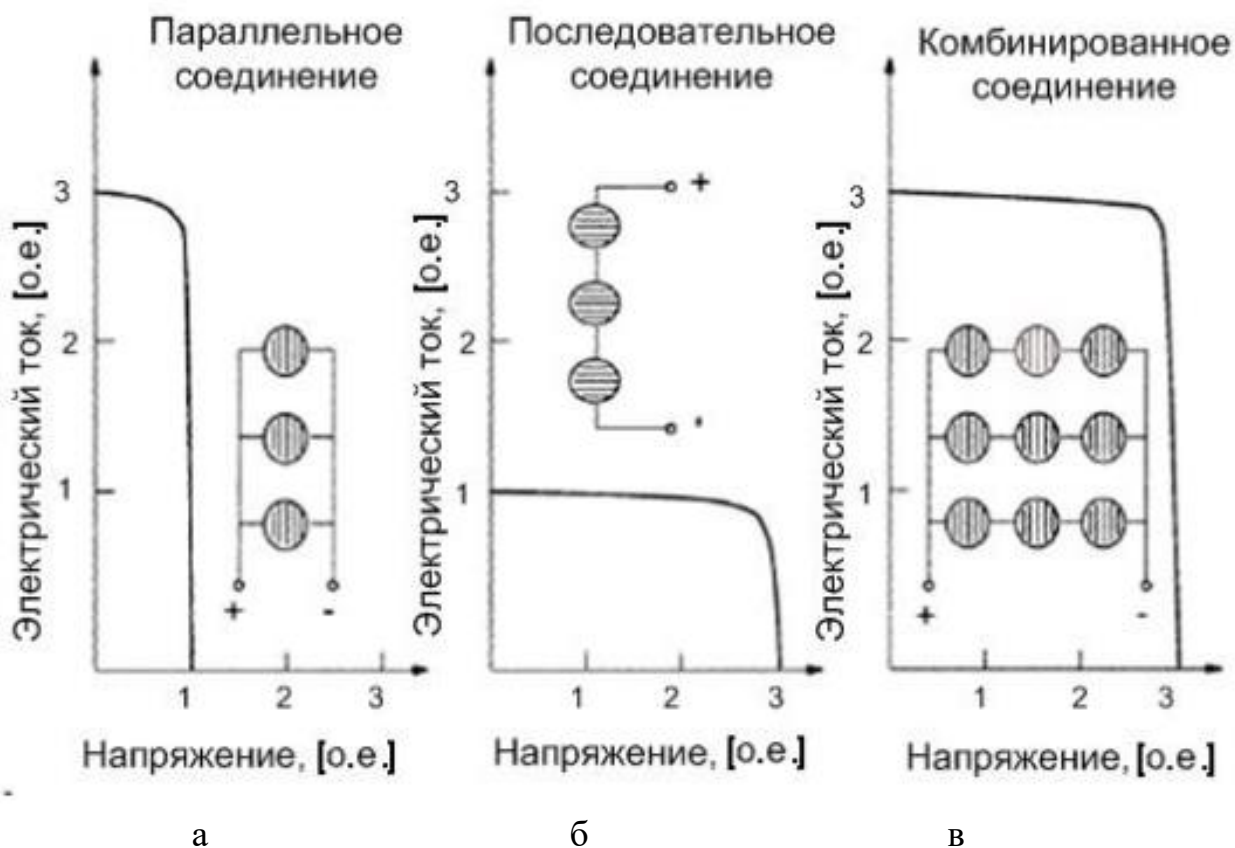
2.4.3 Фотоэлектрический модуль

Фотоэлектрический модуль – это совокупность связанных между собой фотоэлементов и электрических соединений, расположенных таким образом, чтобы данная совокупность формировала плоскую пластину. Наружной частью тонкой пластины является стеклянная крышка, которая в свою очередь выполняет защитную функцию для взаимосвязанных фотоэлементов и электрических соединений [5].

Существует несколько возможных способов соединения ФЭП в фотоэлектрический модуль:

1. Параллельное соединение;
2. Последовательное соединение;
3. Комбинированное соединение.

Вольт-амперные характеристики фотоэлектрических преобразователей при различных вариантах соединения ФЭП показаны на рисунок 11.



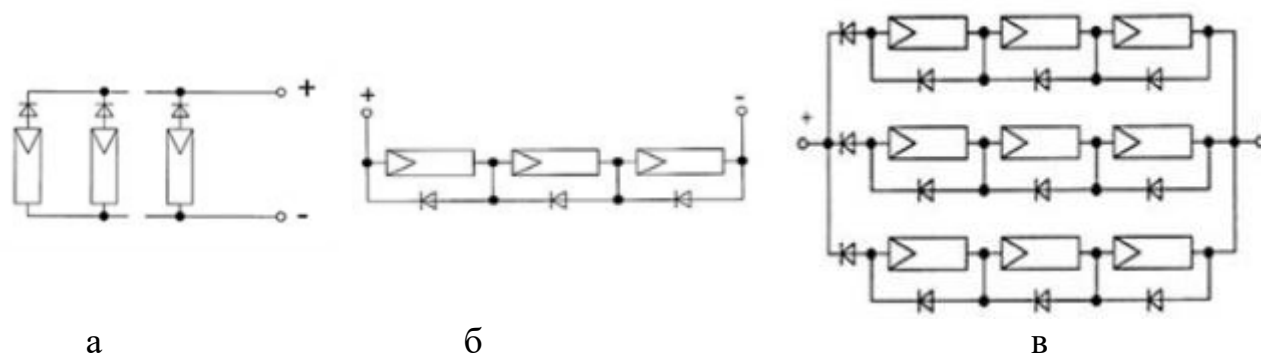
а – параллельное соединение; б – последовательное; в – комбинированное соединение

Рисунок 11 – Вольт-амперные характеристики фотоэлектрических модулей при различных вариантах соединения ФЭП

Для защиты ФЭП используют диоды. Схема соединения диодов зависит от соединения ФЭП:

1. Запирающие диоды при параллельном соединении;
2. Обратные диоды при последовательном соединении;
3. Запирающие и обратные диоды при комбинированном соединении.

Различные варианты соединения ФЭП и диодов изображены на рисунке 12.



а – параллельное соединение с запирающими диодами; б – Последовательное соединение ФЭП с обратными диодами; в – Комбинированное соединение ФЭП с обратными и запирающими диодами

Рисунок 12 – Схемы соединения диодов и ФЭП

Из (5) следует, что один фотоэлектрический модуль должен состоять из 41 ФЭП, что дает 41 Вт при максимальном значении освещенности.

2.5 Шаговый регулятор мощности.

Нагрузочная характеристика солнечной батареи имеет явно выраженную точку максимума (рисунок 1). Формы вольтамперной и вольт-ваттной характеристик солнечных батарей с течением времени меняются в зависимости от деградации, изменении температуры или освещенности ФЭП (рисунок 2).

Из вышесказанного следует, что для отбора максимальной мощности в условиях постоянно меняющейся температуры и освещенности необходимо обеспечить СЭП устройством регулирования мощности. На рисунке 13 показана структурная схема ШРМ, на рисунке 14 показана принципиальная схема ЗУ с ШРМ, собранная на основе микроконтроллера atmega88.

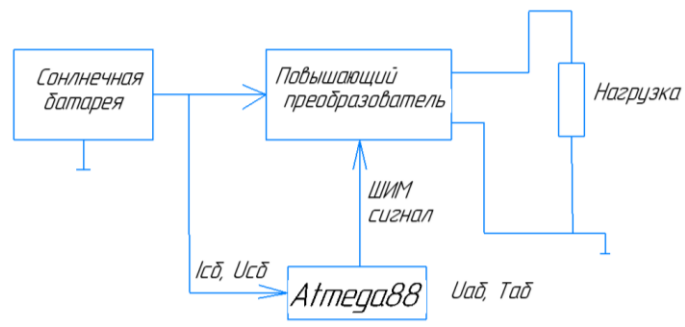


Рисунок 13 – Структурная схема ШРМ

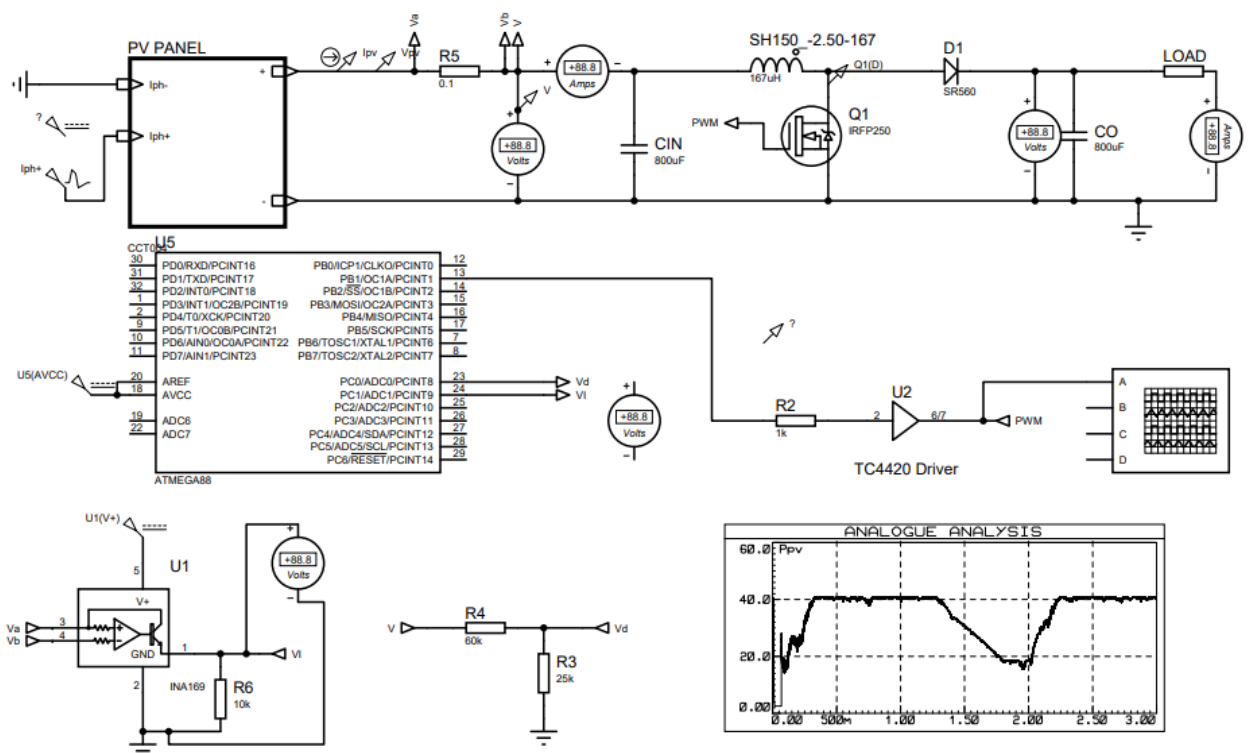


Рисунок 14 – Схема для моделирования ШРМ

2.5.1 Алгоритм работы ШРМ

Для СЭП МКА наиболее подходящим методом поиска максимальной мощности СБ является метод возрастающей проводимости (Incremental conductance method). Для поиска ТММ в данном методе используется дифференциальное уравнение (6). Алгоритм поиска ТММ изображен на рисунок 14.

Уравнение метода возрастающей проводимости:

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I \cdot V)}{dV} = \frac{IdV}{dV} + \frac{VdI}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} \quad (6)$$

Положение рабочей точки определяется по следующим соотношениям:

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \text{ – рабочая точка находится в ТММ;} \quad (7)$$

$$\frac{dP}{dV} > -0 \text{ – рабочая точка находится левее ТММ;} \quad (8)$$

$$\frac{dP}{dV} < 0 \text{ – рабочая точка находится правее ТММ.} \quad (9)$$

В зависимости от положения рабочей точки изменяется напряжение на СБ так, чтобы ее положение совпало с ТММ.

Для реализации алгоритма поиска ТММ в работе используется микроконтроллер Atmega88 производства компании Atmel, параметры данного МК приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры Atmega88

Наименование параметра	Значение
Тактовая частота	20МГц
Количество портов ввода/вывода	23
Объём ОЗУ	8 кБайт
Объём RAM	8 кБайт
Наличие АЦП/ЦАП	АЦП 10 бит, 8 портов ввода
Напряжение питания	5,5 В
Корпус	tqfp - 32

Алгоритм, изображенный на рисунке 14 реализован в выбранном МК на языке С, программа занимает 20% памяти МК. Код программы представлен в приложении А.

На рисунке 15 изображена блок-схема алгоритма поиска ТММ методом возрастающей проводимости.

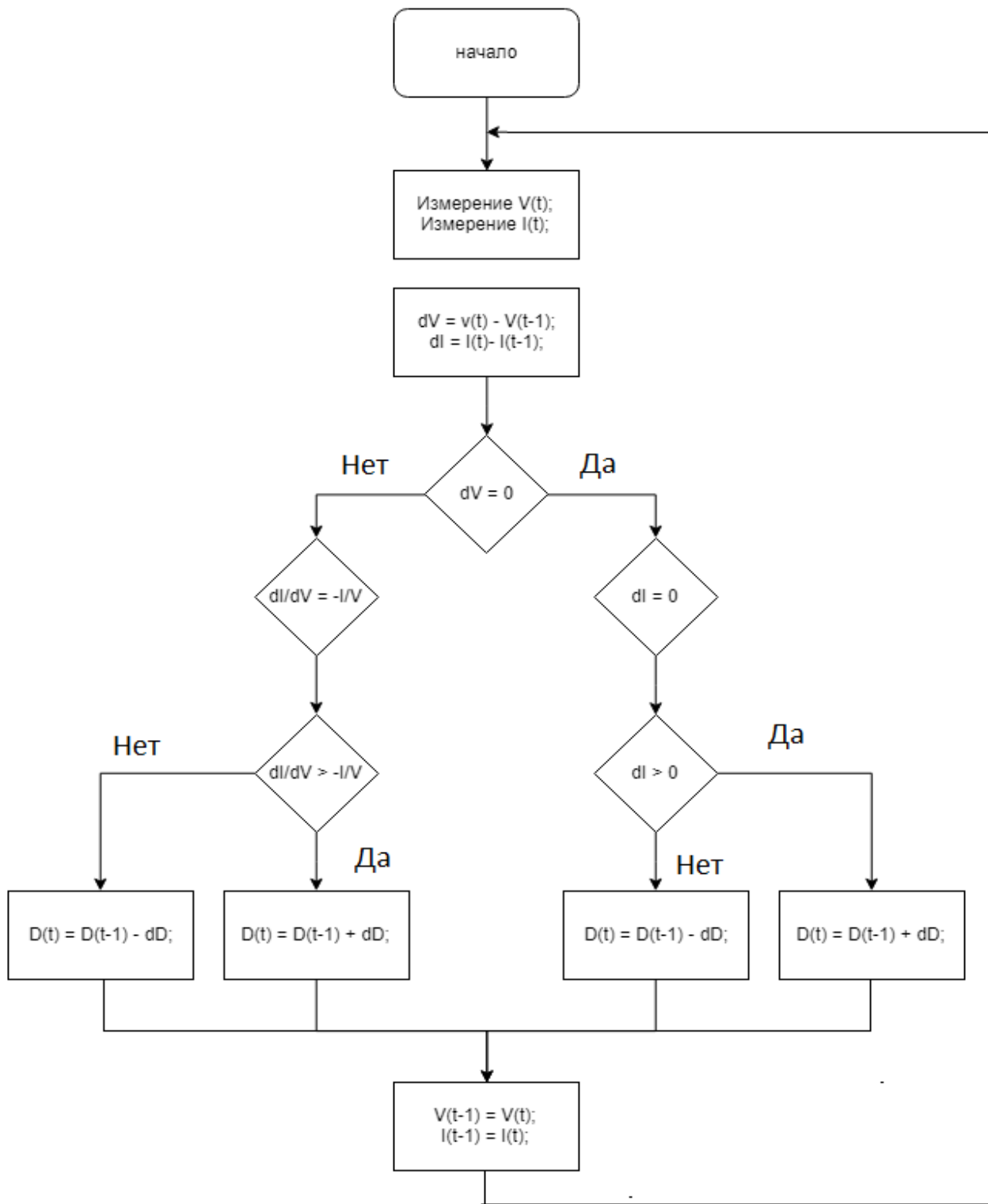


Рисунок 15 – Алгоритм работы ЭШРМ, где $D(t)$ – коэффициент заполнения ШИМ сигнала, поступающего с МК на повышающий преобразователь

2.5.2 Измеритель тока

Для работы алгоритма, изображенного на рисунке 15, необходимо иметь возможность измерения тока СБ. В качестве измерителя тока в работе используется ИМС INA-169. Схема включения ИМС INA-169 показана на рисунке 16.

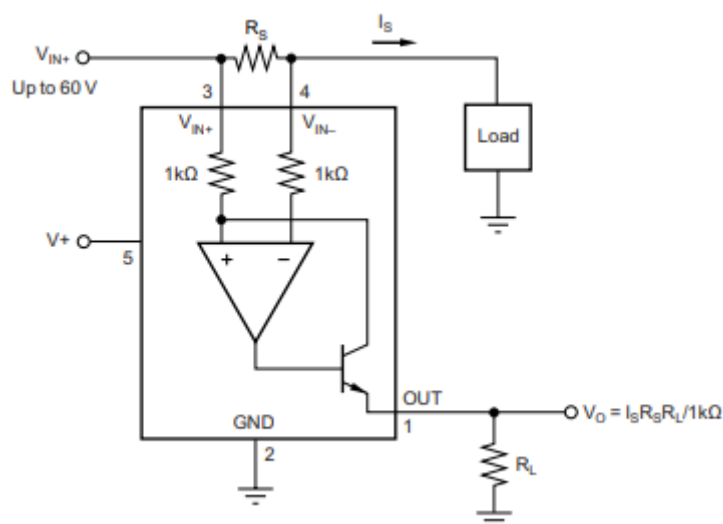


Рисунок 16 – Схема включения шунтового измерителя тока INA-169

Напряжение на выходе INA-169 не должно превышать 5 В, т.к. это максимальное значение, которое может измерить АЦП МК. Напряжение на выходе INA169 определяется по следующей формуле [12]:

$$V_o = \frac{I_s \cdot R_s \cdot R_L}{1000}, \quad (10)$$

где I_s – ток, протекающий через шунт; R_s – сопротивление шунта; R_L – сопротивление калибровочного резистора; V_o – напряжение на выходе ИМС.

Из (10) следует, что для получения 5 В на выходе данной ИМС необходимо вычислить соответствующее значение сопротивления R_L .

$$R_L = \frac{V_o \cdot 1000}{R_s \cdot I_s} = \frac{5 \cdot 1000}{0,1 \cdot 4} = 12,5 \text{ кОм}$$

2.5.3 Повышающий преобразователь постоянного тока.

Повышающий преобразователь постоянного тока выполняет две функции: повышает напряжение на выходе ЗУ до уровня, необходимого для заряда АБ, регулирует напряжение на СБ. Схема повышающего преобразователя изображена на рисунке 17.

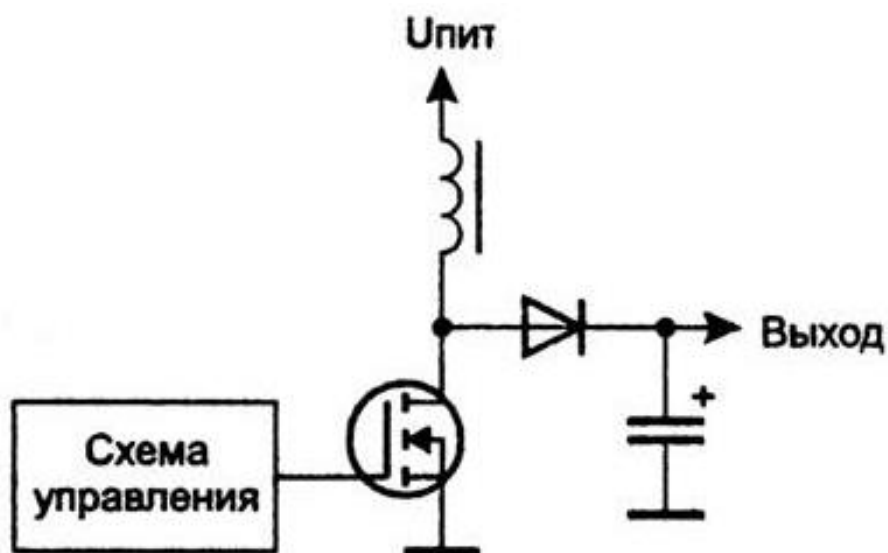


Рисунок 17 – Схема повышающего преобразователя постоянного напряжения

Частота ШИМ сигнала на выходе МК составляет $f = 10000$ кГц, напряжении на солнечной батарее (в ТММ при 25°) составляет 12 В, напряжение, которое необходимо получить на выходе преобразователя, составляет 20 В, ток на выходе минимальное значение индуктивности по следующей формуле:

$$L > \frac{D \cdot V_{in} \cdot (1-D)}{f \cdot 2 \cdot I_o} = \frac{0.7 \cdot 12 \cdot (1-0.7)}{10000 \cdot 2 \cdot 1} = 160 \text{ мкГн}, \quad (11)$$

где $D = 0,7$ – максимальная ширина импульсов;

$V_{in} = 12\text{В}$ – напряжение на солнечной батарее (в ТММ при 25°);

$f = 10\text{кГц}$ – частота ШИМ сигнала;

$I_o = 1 \text{ А}$ – ток на выходе ППТ.

Примем $L = 167$ мкГн и рассчитаем пиковый ток индуктивности:

$$I = \frac{V_{in} \cdot D}{f \cdot L} = \frac{0.7 \cdot 12}{10000 \cdot 167 \cdot 10^{-6}} = 1,9\text{А}. \quad (12)$$

Рассчитаем минимальное значение емкости конденсатора

$$C > \frac{I_o}{f \cdot V_{\text{п}}} = \frac{1}{10000 \cdot 0,1} = 800 \text{ мкФ}, \quad (12)$$

где $V_{\text{п}} = 1 \text{ В}$ – допустимое напряжение пульсаций.

Для управления транзистором в ключевом режиме используется драйвер TC4420. Выбранные элементы для ПППТ занесены в таблицу 6.

Таблица 6 - Список выбранных компонентов

Компонент	Параметры
Катушка индуктивности SH150 – 2.5 – 167	$L = 167 \text{ мкГн}$ – индуктивность; $I_{\text{max}} = 2,5 \text{ А}$ – максимально допустимый ток.
Электролитический конденсатор EEVFK1H102M	$C = 800 \text{ мкФ}$ – емкость; $U = 50 \text{ В}$ – допустимое напряжение.
Диод Шотки STPS5L60S	$U = 60 \text{ В}$ – допустимое напряжение; $I = 5 \text{ А}$ – допустимый ток.
МОП транзистор IRFP250	$U_{\text{ds}} = 200 \text{ В}$ – напряжение сток-исток; $I_{\text{d}} = 33 \text{ А}$ – ток стока.

2.5.4 Измеритель напряжения

Максимальное напряжение на входе АЦП не должно превышать 5 В, из-за чего необходимо использовать резистивный делитель. Для того, чтобы на выходе делителя напряжение не превышало 5 В, коэффициент деления ($K_{\text{д}}$) должен составлять 3,32. Для того, чтобы $K_{\text{д}} = 3,32$, сопротивления резисторов должны составлять: $R_3 = 25 \text{ кОм}$, то $R_4 = 60 \text{ кОм}$. Схема для измерения напряжения изображена на рисунке 17.

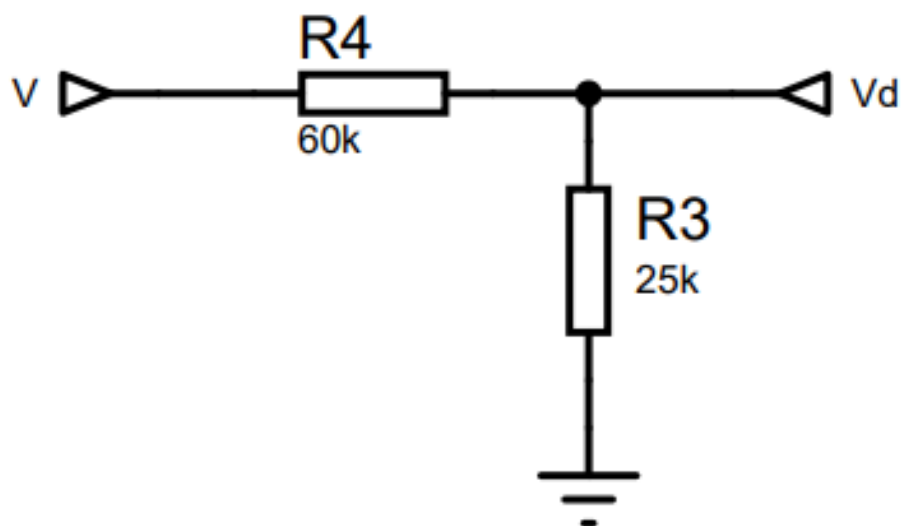


Рисунок 17 – Измеритель напряжения

Глава 3 Результаты моделирования СЭП

3.5.6 Модель солнечной батареи

Для того, чтобы промоделировать работу схемы, изображенную на рисунок 10, в САПР proteus 8, использовалась модель солнечной батареи, с ВВХ и ВАХ представленные на рисунках 19, 20. Схема замещение СБ представлена на рисунке 21.

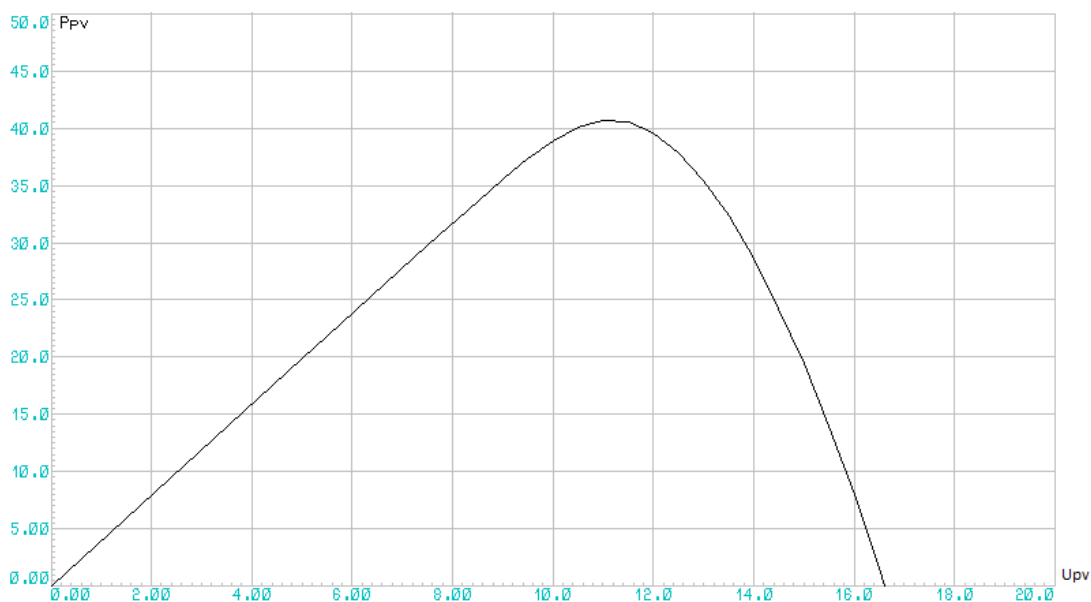
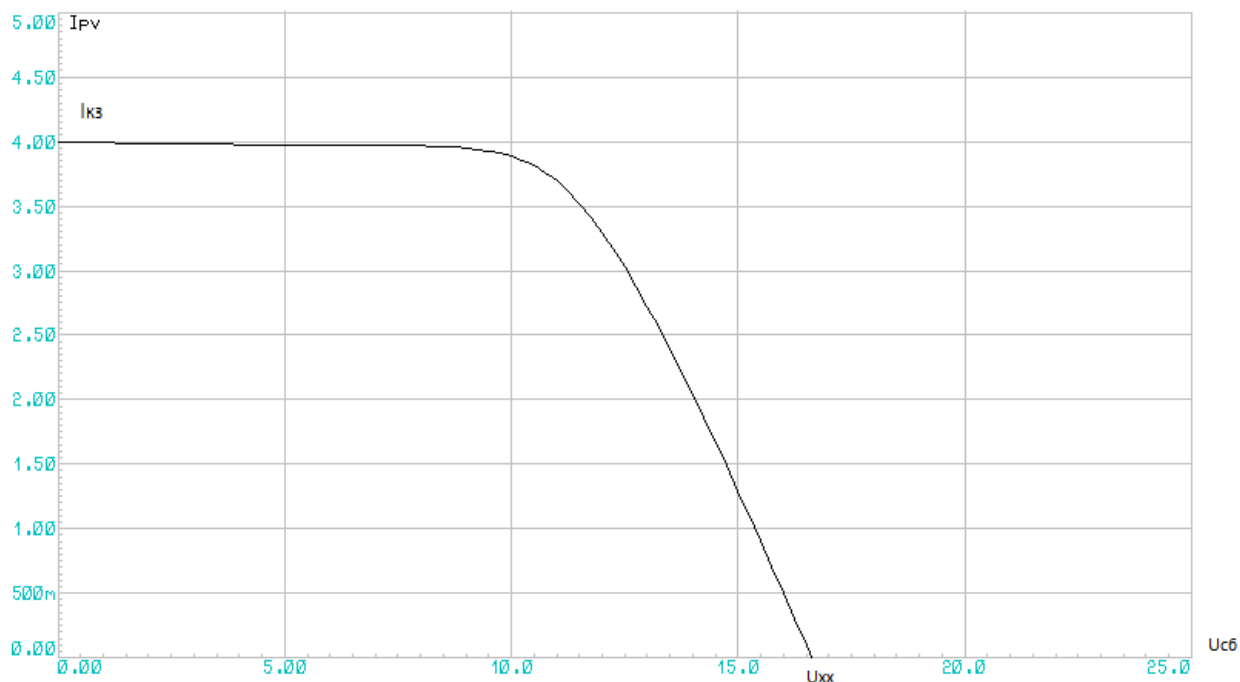


Рисунок 19 – Вольт-ваттная характеристика СБ



20 – Вольт-амперная характеристика

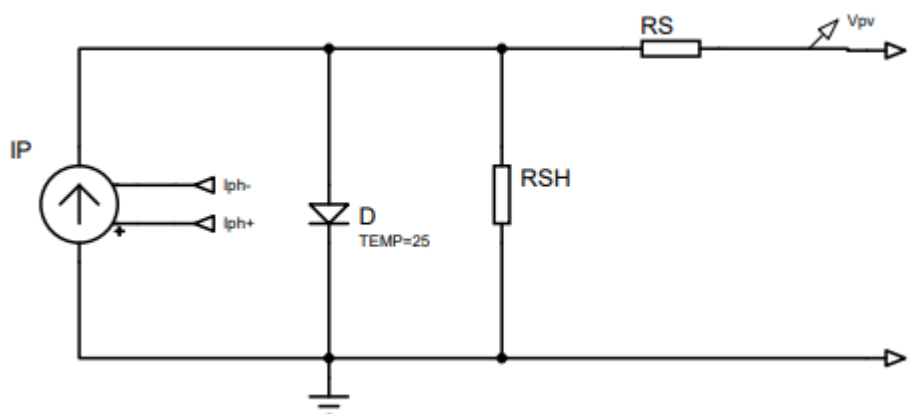


Рисунок 21 – Схема замещения СБ

3.5.7 Результат работы ШРМ

Результат моделирования работы схемы ШРМ представлен на рисунок 22. Как можно видеть, значение мощности СБ при освещенности $I_r = 1000 \text{ Вт/см}^2$ составляет 40 Вт, что соответствует значению мощности СБ в ТММ (рисунок 19).

На рисунке 23 приведен пример работы ШРМ при изменяющемся значении освещенности, характер изменения I_r изображен на рисунке 24.

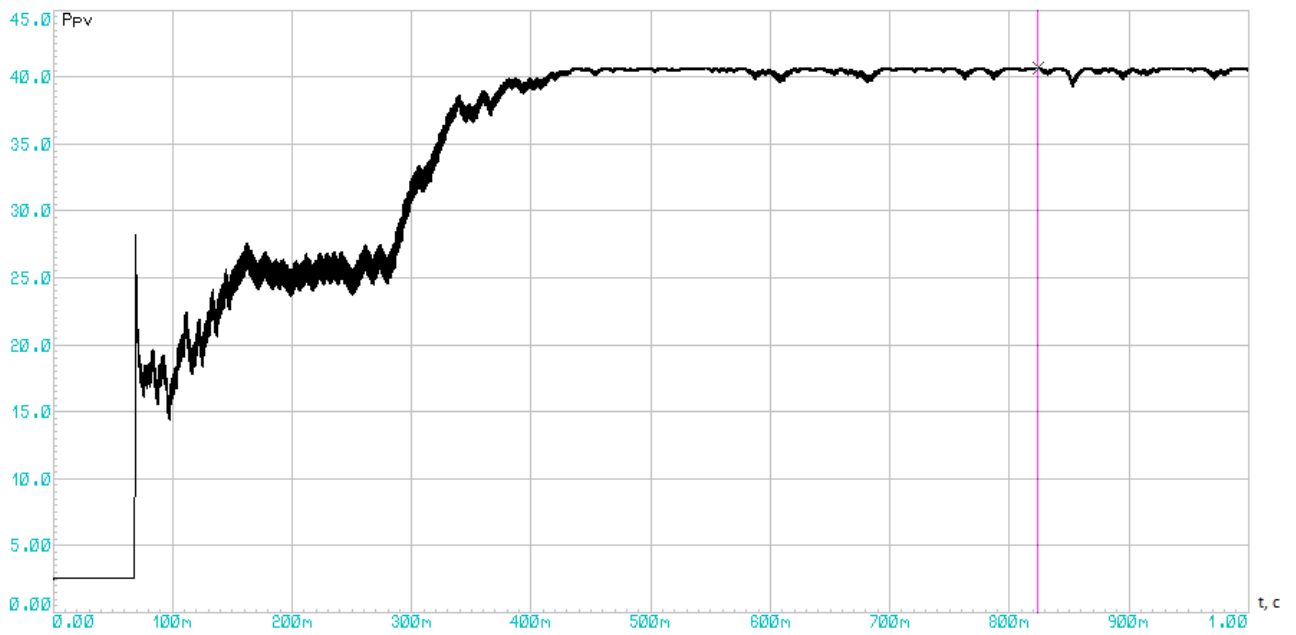


Рисунок 22 – Пример работы ШРМ при ступенчатом воздействии $I_r = 1000$ Вт/см².

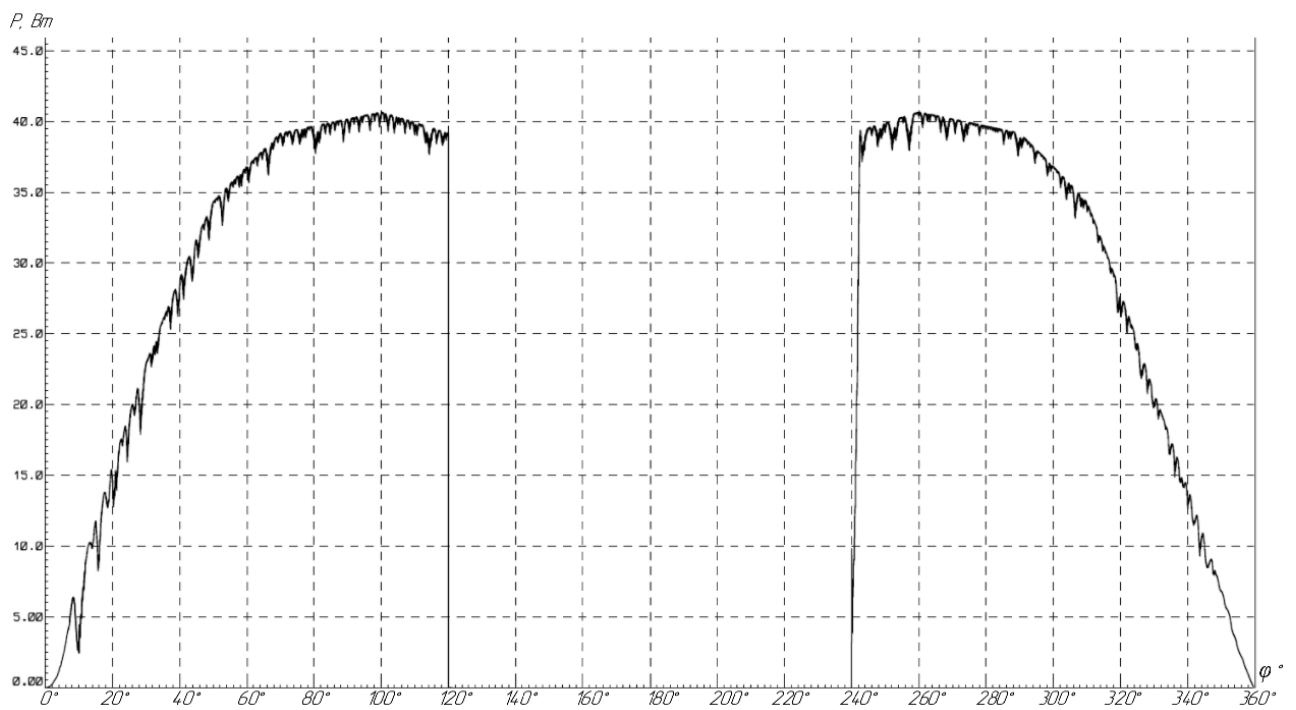


Рисунок 23 – Результат работы ШРМ при изменении освещенности во время полета МКА вокруг Земли

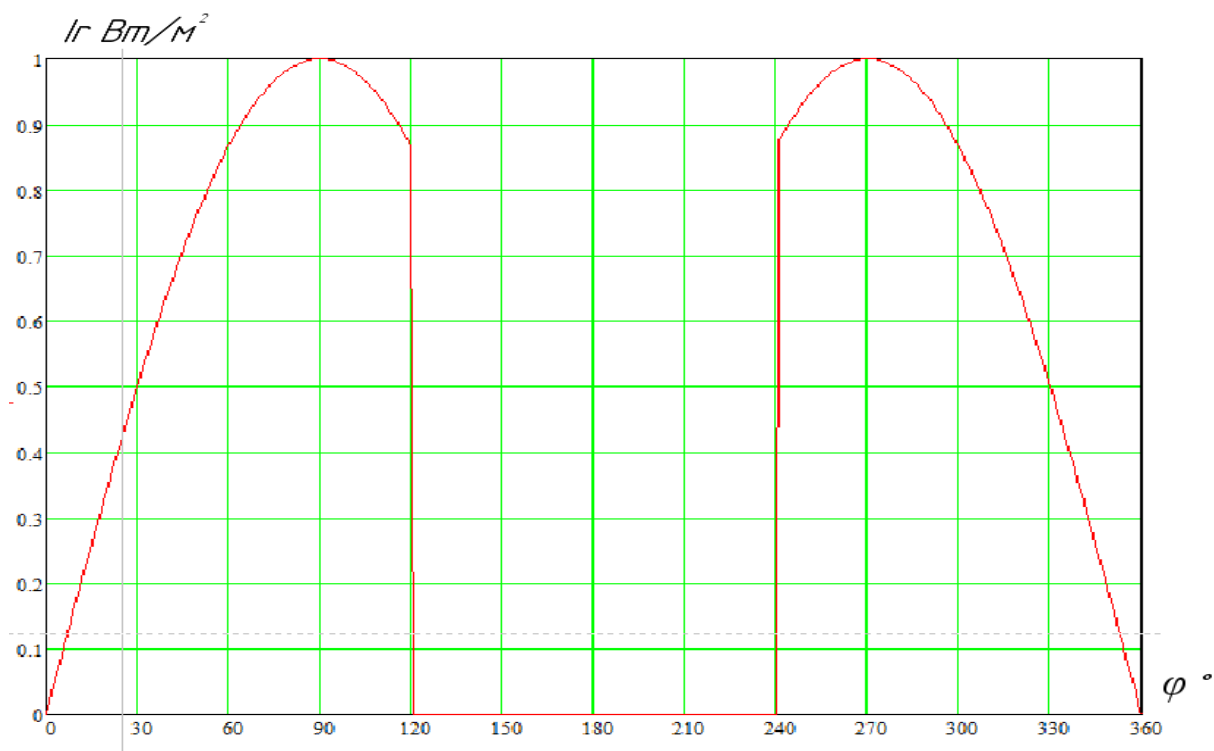


Рисунок 24 – Характер изменения освещенности СБ.

3.6 Контроль заряда аккумуляторной батареи

Режим работы зарядно-разрядного устройства зависит от мощности, генерируемой солнечной батареей, и от степени заряда АБ. Для контроля заряда АБ используется зависимость напряжения АБ от степени заряда, когда напряжение на АБ превышает напряжение, при котором АБ заряжена на 80%, заряд прекращается. Характеристика заряда АБ Lithium-ion rechargeable cell 18650 при температуре 20°C представлена на рисунке 25.

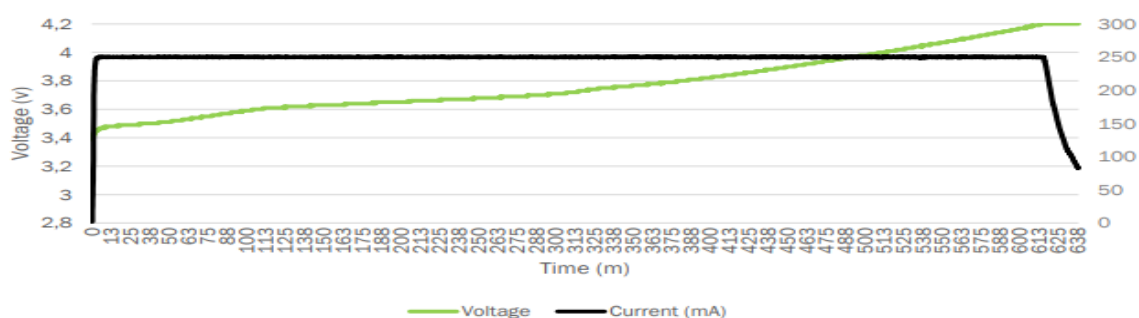


Рисунок 25 – Зарядная характеристика Lithium-ion rechargeable cell 18650

На рисунке 23 видно, что восьмидесяти процентам заряда аккумулятора соответствует напряжение 4 В, при соединении аккумуляторов в батарею по схеме, изображенной на рисунке 26, это напряжение составляет 8 В.

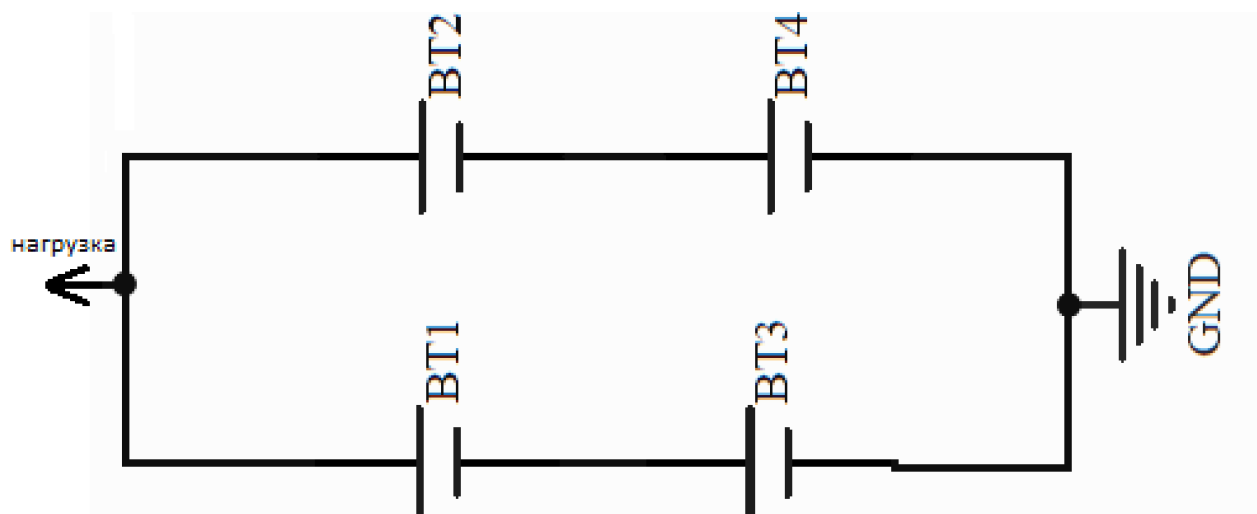


Рисунок 26 – Соединение аккумуляторов

Для измерения напряжения на АБ используется резистивный делитель с коэффициентом деления равным 0.625, для этого значение сопротивления резисторов должны составлять $R1 = 30$ кОм и $R2 = 18$ кОм. Схема делителя, изображена на рисунке 27.

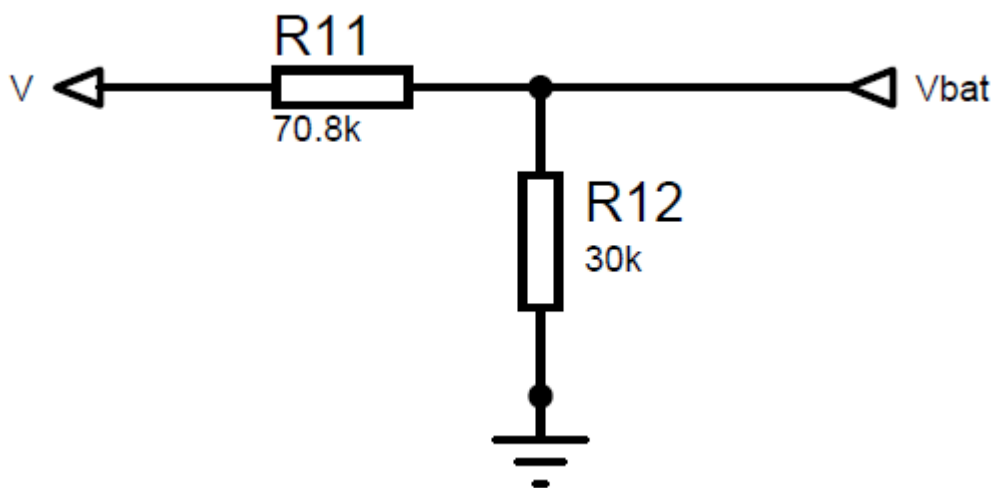


Рисунок 27 – Схема измерения напряжения на АБ

Для управления процессом заряда используется электромагнитное реле G5C-1-DC5; максимальный ток составляет 10А, напряжение управления равно 5 В.

Когда мощность, генерируемая СБ, опускается ниже 20 Вт, АБ начинает разряжаться. Такая ситуация возникает, когда МКА находится на теневой стороне (угол ϕ принимает значения от 120° до 240°) орбиты или угол падения солнечных лучей на поверхность СБ слишком мал (угол ϕ принимает значения от 0° до 15° и от 344° до 360°). Данные участки орбиты показаны на рисунке 28. Когда мощность, генерируемая СБ, превышает 20 Вт, АБ начинает заряжать, заряд продолжается, пока напряжение на АБ не достигнет 8 В, при котором степень заряда АБ достигает 80%.

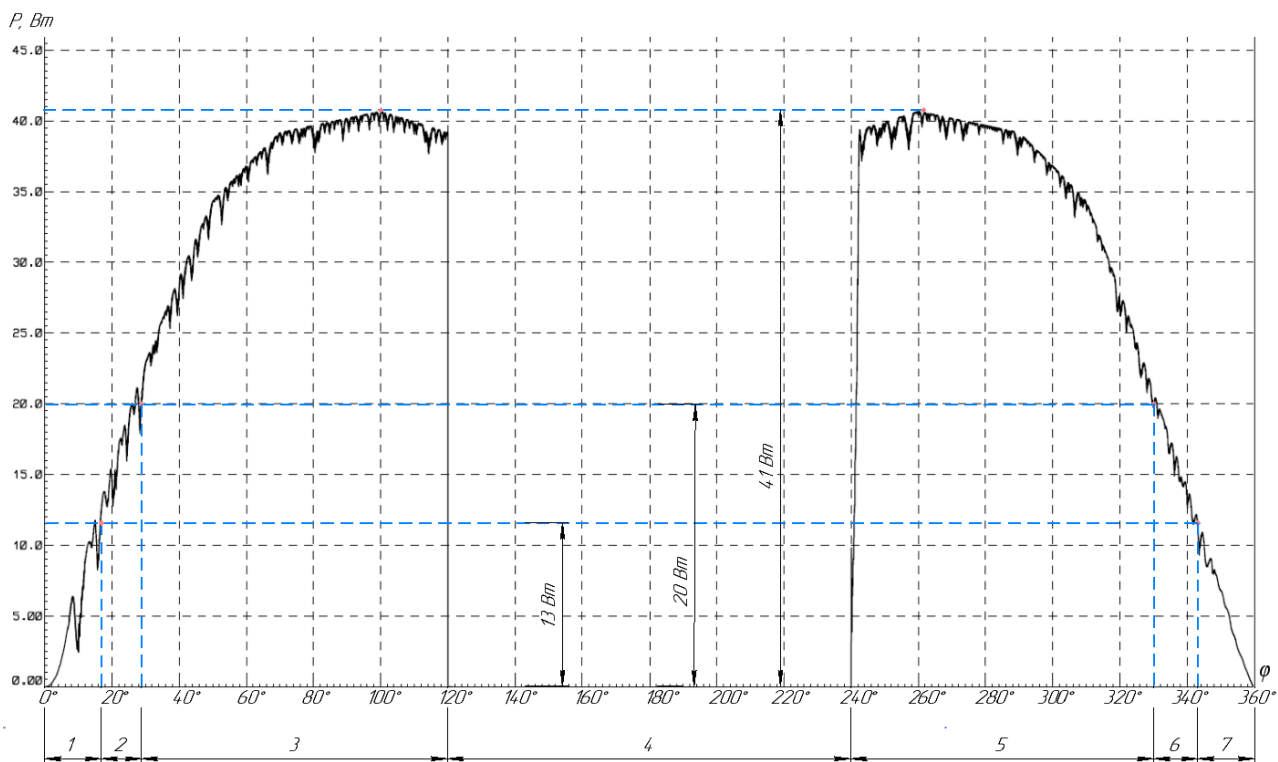


Рисунок 28 – Режимы работы зарядно-разрядного в зависимости от положения МКА на орбите, где 1, 7 – Энергии СБ не достаточно для работы подсистем МКА. Энергия генерируется СБ и АБ; 3 – Энергии СБ достаточно для обеспечения заряда АБ и питания подсистем МКА; 4 – МКА находится на теневом участке орбиты. СБ не генерирует энергию, АБ разряжается и обеспечивает энергией подсистемы МКА

3.6.1 Обеспечение температурного режима для работы АБ

При нахождении МКА на теневом участке орбиты температура может принимать отрицательные значения [2]. Температура Lithium-ion rechargeable cell 18650 должна находиться в интервале 10 – 40 градусов Цельсия, иначе характеристики аккумулятора сильно ухудшаются.

Для контроля температуры АБ применяется датчик температуры LM35, включенный по схеме, изображенной на рисунке 25. Чтобы температура не выходила за границы рекомендуемого значения производитель аккумуляторов устанавливает на них нагревательные элементы мощностью в 1 Вт, управление нагревателем осуществляется при помощи транзистора IRL650.

Микроконтроллер измеряет значение напряжения на датчике, преобразует его в °С, после чего сравнивает получившееся значение с 10°С, если оно меньше, то включается нагреватель, если больше, то нагреватель отключается.

3.7 Распределение энергии

Поскольку каждая подсистема потребляет не более 5 Вт и не требует напряжения питания выше 5 В, наиболее оптимальным решением по организации распределения энергии СЭП по подсистемам будет применение микросхем LM7805. Данная микросхема представляет собой интегральный линейный стабилизатор с выходным напряжением 5 В, выходным током 1 А. Максимальное возможное напряжение на выходе преобразователя постоянного тока, изображенного на рисунок 14, составляет 20 В, а максимально допустимое напряжение на входе LM7805 составляет 35 В. Структурная схема СЭП показана на рисунке 29.

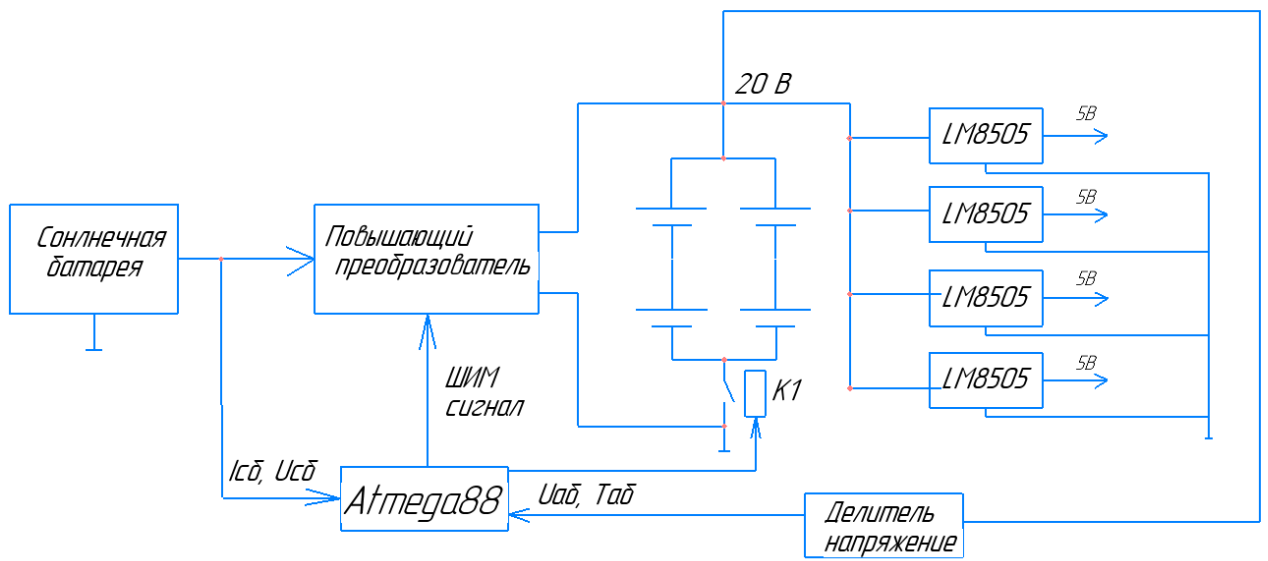


Рисунок 29 – Структурная схема СЭП

Принципиальная схема СЭП представлена в приложении Б. Перечень элементов приведен в приложении В.

Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время лидирующие позиции в направлении космостроения имеют малые космические аппараты, так как они обладают рядом преимуществ:

- снижение затрат на производство и запуск КА;
- снижение времени на создание КА;
- уменьшение рабочей силы на создание КА;
- возможность внедрения передовых технологий.

Достаточно низкая стоимость малых космических аппаратов по сравнению с большими спутниками и не уступающих по функциональности дает возможность разрабатывать малые спутники даже частным предприятиям.

Проведем сегментирование рынка услуг искусственных спутников Земли по типам спутника. Карта сегментирования представлена в таблице 6.

Таблица 6 – карта сегментирования

		Области использования спутника				
		Исследования систем связей	Дистанционное зондирование Земли	Образовательные цели	Межпланетные экспедиции	Исследования тропосферных систем
Типы спутника	Космический аппарат					
	Малый космический					

По таблице 6 можно сделать вывод, что малые космические аппараты можно использовать в тех же областях, что и космические аппараты (кроме межпланетных экспедиций). С точки зрения разработки, создания и запуска малого спутника дает ряд преимуществ экономического характера за счет малой массы. Преимуществами малых спутников являются рентабельный запуск за счет значительного уменьшения расхода топлива, гораздо меньшие массо-габаритные размеры, низкая стоимость, по сравнению с космическим аппаратом, а также требует гораздо меньшее количество времени на разработку, благодаря унификации платформ и комплектующих [26].

4.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта был проведен SWOT-анализ (таблица 7), который отражает сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, а также составлена интерактивная матрица проекта, где указана степень влияния факторов друг на друга (таблица 8).

Таблица 7 - SWOT-анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	С1. Малые массо-габаритные параметры;	Сл1. Невозможен самостоятельный запуск;
	С2. Низкая стоимость;	Сл2. Возможно длительное ожидание в очереди на запуск;
	С3. Доступные материалы;	Сл3. Отработанные или сломавшиеся аппараты становятся космическим мусором.
Возможности:		
В1. Расширение области решаемых задач;	Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность и ускорить выход на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию доступных технических средств разработки	Привлечение кадров из ТПУ увеличит штат сотрудников, работающих над проектом и позволит увеличить темпы работы над проектом. Публикация в журнале позволит познакомить Научное сообщество с проектом и получить обратную связь
В2. Возрастание спроса на продукт;		
В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы:		
У1. Повышение стоимости материалов;	Развитая конкуренция разработчиков может привести к снижению конкурентоспособности продукта. Может возникнуть угроза повышения стоимости материалов.	Повышение стоимости материалов, а также сложности с запуском МКА на орбиту могут снизить спрос на продукт.
У2. Развитая конкуренция технологий производства;		
У3. Появление усовершенствованной продукции на рынке.		

Таблица 8 - Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			Слабые стороны проекта		
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	+	+	0	0	0	0
	В2	0	+	0	-	-	0
	В3	0	+	+	-	-	0
Угрозы проекта	У1	0	+	-	-	-	0
	У2	0	+	+	-	-	-
	У3	+	+	0	-	-	0

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.

Таблица 9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания.	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор материалов по теме	Бакалавр
	3	Изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Выбор направления	Руководитель, бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр
Проектирование структуры и разработка СЭП	6	Проектирование структуры СЭП	Бакалавр
	7	Разработка СЭП	Бакалавр
	8	Тестирование СЭП	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Бакалавр

4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожсi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (13)$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min\ i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 9 работ требуются специалисты:

- бакалавр (Б);
- научный руководитель (Р).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (14)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

$$T_{ki} = T_{pi} k_{\text{кал}}, \quad (15)$$

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (16)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вых}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 14$).

Коэффициент календарности для Б и Р будет равен:

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

№ №раб от	Трудоёмкость работ			Исполне ния	Длительност ь работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ожг}}$, чел-дни			
1	4	6	4,8	Р	4,8	6
2	8	12	9,6	Б	9,6	12
3	14	20	16,4	Б	16,4	20
4	7	12	9	Р,Б	4,5	6
5	4	10	6,4	Б	6,4	8
6	23	25	23,8	Б	23,8	29
7	18	20	18,8	Б	18,8	23
8	1	2	1,4	Б	1,4	2
9	3	5	3,8	Р,Б	1,9	2
10	17	23	19,4	Б	19,4	24
Итого	Всего				107	131
	Руководитель				11	14
	Бакалавр				102	125



Временные показатели проведения научного исследования представлены в таблице 10.

На основании таблицы 10 строится календарный план-график. График

строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского. План-график приведен в таблице 11.

Таблица 11 - Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ							
				март		апрель		май			
				1	2	1	2	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Р	6	■							
2	Подбор материалов по теме	И	12	■							
3	Изучение материалов по теме	И	20		■	■					
4	Выбор направления	Р, И	6				■				
5	Календарное планирование работ по теме	И	8				■				
6	Проектирование структуры СЭП	И	29				■	■			
7	Разработка СЭП	И	26					■	■		
8	Тестирование СЭП	И	2							■	
9	Оценка эффективности полученных результатов	Р, И	2							■	■
10	Составление пояснительной записки	И	24								■

где  - руководитель (Р),  - инженер (И)

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Произведем расчет всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (17)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Материальные затраты представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Комплектация изделия			
Печатная плата, шт.	1	511	511
Офисные принадлежности			
Бумага для принтера А4, уп.	1	150	150
Картридж для Принтера, шт.	1	500	500
Папка со скоросшивателем, шт.	1	50	50
Итого		1211	1211

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 13.

Таблица 13 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Компьютер	1	17000	19550
2.	Монитор	1	7000	8050
3.	Принтер	1	5000	5750
Итого				33350

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн.} + Z_{доп.}, \quad (18)$$

где $Z_{осн.}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп.}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн.}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн.}$) руководителя (ассистента) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн.} = Z_{дн.} \cdot T_p, \quad (19)$$

где $Z_{осн.}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7);

$Z_{дн.}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн.} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (20)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 56 раб. дня $M = 10,3$ месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 28 раб. дня $M = 11,15$ месяца, 6-дневная неделя.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 14).

Таблица 14 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	1	1
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	274

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot k_p, \quad (21)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска). Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	Т _{р. раб.} дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	Ассистент	2176 0	1,3	28288	1165,47	11	13053,27
Инженер	1	2630 0	1,3	34190	1391,30	102	142190,86
Итого							155244,12

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (22)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 16 - Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	$k_{доп}$	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	13053,26	0,12	1566,39
Бакалавр	142190,86		17062,90
Итого			18629,29

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (23)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, водится пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	13053,26	14619,66
Бакалавр	142190,86	159253,76
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
		47119,70

4.3.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

На данном этапе в научных и производственных командировках нет необходимости.

4.3.7 Контрагентные расходы

На протяжении всего периода работы ($K = 92$ дня) необходимы услуги ISP МТС (ОАО «Мобильные ТелеСистемы») по тарифу SMART с абонентской платой в $N=8$ р./сутки. Соответственно сумма расходов A рассчитывается по формуле:

$$A = K \cdot N = 736 \text{ руб.} \quad (24)$$

4.3.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (25)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 430163,53 \cdot 0,16 = 68826,17 \text{ руб.}$$

4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	1211	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	33350	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	155244,12	Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18629,29	Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	47119,70	Пункт 4.3.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	Пункт 4.3.6
7. Контрагентские расходы	736	Пункт 4.3.7
8. Накладные расходы	68826,17	16 % от суммы ст.1-7
9. Бюджет затрат НТИ		Сумма ст.1- 8

4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для того, чтобы наглядно оценить конкурентоспособность данной разработки, составлена оценочная карта (таблица 19). В таблице приведены критерии оценки, вес критерия, который может принимать значения от 0 до 1, причем сумма всех весов критериев равна 1; баллы, которые проставляются в соответствии с техническими особенностями и характеристиками; весовой показатель вычисляется по формуле 26.

$$B_6 = \sum B_i V_i, \quad (26)$$

где B_i – балл i -го показателя; V_i – вес i -го показателя; B_6 – взвешенный балл.

Таблица 19 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

	Весовой коэффициент параметра	Б	Вб
Технические критерии оценки эффективности			
КПД	0.2	4	0.8
Надежность	0.3	4	1.2
Вырабатываемая мощность	0.2	5	1
Массогабаритные характеристики	0.3	5	1.5
Итого	1		4.5
Экономические критерии оценки эффективности			
1. Цена	0.5	5	1
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0.5	5	1
Итого	1		5

Исходя из данных таблицы 19 можно сделать вывод о том, что данная разработка обладает технической и экономической эффективностью по нескольким показателям.

Общий вывод по разделу

В результате работы был проведен расчет затрат на проектирование СЭП 498989,70 рубля. Расчет коэффициента календарности позволил сделать план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 13 пунктов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта, обладающая высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 131 день. Проведена оценка технической и экономической эффективности разработки.

Глава 5 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены положения, связанные с организацией рабочего места и условий, в которых будет проходить разработка идеи для выпускной квалификационной работы, а именно теоретические расчеты и проектирование системы электропитания малого космического аппарата. Рассмотрены возможные ЧС и меры по улучшению качества условий труда для работы с ПЭВМ.

Рабочее место разработчика представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и предустановленным на нем, программным обеспечением, необходимым для проведения расчетов отдельных узлов системы электропитания.

При работе с ПК человек подвергается воздействию ряда вредных и опасных производственных факторов, к которым относится: повышенный уровень электромагнитного излучения, повышенный уровень вибрации и шума на рабочем месте, а также повышенный уровень статического электричества.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

При осуществлении трудовой деятельности за ПЭВМ, нормативное регулирование охраны труда осуществляется посредством следующих документов:

- Федеральный закон № 426 «Об специальной оценке условий труда»;
- СанПиН 2.2.2./2.4;
- Трудовой Кодекс РФ;
- Приказ Министерства Здравоохранения РФ №302н.
- ГОСТ 12.2.032-78
- СП 52. 13330.2011
- ГОСТ 12.1.038-82

Нормальная продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Работникам до 16 лет – не более 24 часов в неделю, 16 – 18 лет и для инвалидов первой и второй групп – не более 35 часов в неделю, работникам, чья работа отнесена к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов в неделю. Для беременной женщины и для одного из родителей, имеющего ребенка до 14 лет или ребенка инвалида в возрасте до 18 лет, возможно установление неполных рабочих дней.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 устанавливает организацию перерывов в трудовой деятельности продолжительностью 10 – 15 минут каждый час работы. Эти перерывы в работе должны включаться в общее трудовое время, а также увеличиваться на 30%, если сотрудник работает за компьютером в ночное время.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Если работа происходит с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном пункте приводятся эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя для создания комфортной рабочей среды.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающего способностью накапливать статическое электричество. При выполнении работы, предусматривающей длительную работу за ПК, рекомендуется изолировать рабочие столы исследователей друг от друга перегородками высотой не менее 1,5 м. Ширина и глубина рабочего стола, должна составлять не менее 80 см., высота от пола 75 см. Расстояние от глаз до монитора не менее 60 см, клавиатуры от края стола, не менее 10 см.

В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 рабочий стул не должен нарушать кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте, и должен позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Рабочий стул должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сидения и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сидения, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Аудитория 105, 4 корпуса ТПУ оборудована столами и компьютерами соответствующих предъявленным требованиям.

5.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке системы электропитания, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке принципиальной схемы или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [15].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных при проектировании системы электропитания, представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы при проектировании системы электропитания

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Теоретический расчет параметров отдельных узлов, входящих в систему электропитания; 2. Проектирование принципиальной схемы; 3. Моделирование работы системы электропитания в САПР proteus8.	1. Неудовлетворительный микроклимат; 2. Повышенный уровень электромагнитных полей; 3. Неудовлетворительное освещение 4. Повышенный уровень шума.	1. Поражение электрическим током. 2. Пожаровзрывоопасность	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.2.542-96 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.548-96

- Неудовлетворительный микроклимат

Согласно СанПиНу 2.2.2/2.4.1340-03 в помещениях с использованием ПЭВМ оптимальные параметры микроклимата должны обеспечиваться для категории работ 1а и 1б. Эти параметры описаны в СанПиН 2.2.4.548-96 и представлены в таблице 21.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Проводимые работы относятся к категории легких работ 1а. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139) 1б (140-174)	22-24 21-23	21-25 20-24	60-40	0.1
Теплый	1а (до 139) 1б (140-174)	23-25 22-24	22-26 21-25	60-40	0.1

В случае, если параметры не удовлетворяют оптимальным, необходимо воспользоваться отопительными системами и системами кондиционирования помещения. В аудитории 105, 4 корпуса, также предусмотрена возможность естественного проветривания. Условия труда соответствуют норме, согласно специальной оценке условий труда ТПУ-2018.

- Повышенный уровень электромагнитных полей

Источником ионизирующего излучения является монитор. При длительном влиянии электромагнитного излучения, на организм человека, могут происходить нарушения нормального функционирования организма, такие как: нарушение работы сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем; снижение иммунитета; риск развития раковых клеток.

ПК должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [17].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 105 4 корпуса ТПУ [18], создаваемых ПК, не должны превышать значений [18], представленных в таблице:

Таблица 22 – Предельно допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для минимизации действия данного фактора нужно сокращать время работы с источником излучения, увеличивать расстояние до экрана. Между рабочими столами устанавливать специальные защитные экраны, с покрытием, поглощающим низкочастотное электромагнитное излучение. Также необходимо использовать очки для работы с ПЭВМ со специальным покрытием. Экран дисплея ежедневно очищать от пыли, в аудитории 105, 4 корпуса проводится ежедневная уборка помещения согласно установленным нормам. Согласно [30], уровень ЭМП в 105 лаборатория 4 корпуса ТПУ соответствует норме.

- Освещение

Во время работы с ПЭВМ, особенно большая физическую нагрузку выдерживают органы зрения, что может привести к нарушения функционального состояния зрения.

Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 необходимо применять комбинированную освещенность, естественный свет преимущественно должен падать слева. В таких помещениях используется естественное боковое одностороннее освещение в дневное время, в вечернее время используется искусственное общее равномерное освещение. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Освещенность на поверхности стола должна лежать в пределах 300 – 500лк и не создавать бликов на поверхности экрана. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.» Норма коэффициента естественного освещения в исследуемом помещении равна 3%.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк [19]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [19].

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно светодиодные светильники. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенные [19].

Таблица 23 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [6]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, К _п , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Кабинеты	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	300	40	15

В рабочей зоне 105 аудитории, 4 корпуса ТПУ, освещенность соответствует норме [16]. Освещенность комбинированная, естественный свет падает слева. Освещенность помещения соответствует норме. Для соблюдения санитарных норм, нужно осуществлять очистку окон два раза в год и своевременно проводить замену перегоревших ламп, что обеспечивается технической службой ТПУ.

- Электрическая безопасность

Для предотвращения опасности поражения электрическим током, где размещаются рабочие места с ЭПК в аудитории 105 4 корпуса ТПУ, оборудование должно быть заземлено, занулено в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [29].

Не следует размещать рабочие места с ПК вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПК [16].

Согласно разделу 1.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) [29] по степени опасности поражения электрическим током аудитория 105 4 корпуса ТПУ относится к классу без повышенной опасности. В данную категорию входят помещения, характеризующиеся относительной влажностью воздуха (до 75%), температурой воздуха менее 35 градусов, отсутствием токопроводящих полов, токопроводящей пыли.

Для профилактики воздействия электрического тока, на организм человека, необходимо следить за состоянием ПЭВМ, изоляцией всех кабелей питания, использовать сетевые фильтры. В 105 аудитории, 4 корпуса, вся компьютерная техника подключена к питающей сети посредством сетевых фильтров. Во время работы с электрическими установками использовать средства индивидуальной защиты. Лаборатория оборудована устройством защитного отключения, знаками и пломбами безопасности.

Согласно [30], электрическая безопасность соответствует нормам.

Шум

В аудитории 105 4 корпуса ТПУ имеется оборудование (ПК, 3D принтер), которое создает шумы. Производственные шумы должны соответствовать нормам таблицы.

Таблица 24 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни 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	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно [30] уровень шума в аудитории 105 4 корпуса ТПУ не превышает допустимые нормы.

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду

Разрабатываемая модель системы электропитания не наносит ущерба окружающей среде. С точки зрения влияния на окружающую среду можно рассмотреть влияние электронно-вычислительной аппаратуры при ее утилизации.

Утилизация компьютеров – это обязательная процедура для всех официально работающих предприятий и юридических лиц. И нарушение ее ведет к налоговой и административной ответственности. Списание компьютеров требуется для того, чтобы не платить налог на имущество. Их утилизация возможна только при помощи специализированных компаний.

В компьютерах имеется определенный процент драгоценных металлов, которые нужно провести по бухгалтерии строго определенным образом. В подобной технике есть немало вредных веществ (ртуть; кадмий; мышьяк; свинец; цинк; никель и др.), и выкидывать их на обычную свалку опасно как для окружающей среды, так и для здоровья человека. Подобные действия ведут к штрафным санкциям.

Вся ненужная техника, подвергающаяся процессу утилизации, проходит специальную процедуру:

Утилизация плат непосредственный процесс переработки;

Отправку некоторых частей оргтехники на аффинаж (это металлургический процесс изъятия высокочистых благородных металлов при отделении от них загрязняющих примесей, один из видов извлечение металлов).

Для утилизации и переработки отходов, которые образуются после окончания срока эксплуатации ПЭВМ, ЭВМ, металл отправляют в переплав на предприятия черной и цветной металлургии и предприятия по извлечению драгоценных металлов из узлов. Остальные отходы отправляются на полигоны для захоронения твердых отходов.

Переработку целесообразно проводить в местах образования отходов, что сокращает затраты на погрузочные работы, снижает безвозвратные потери при их транспортировке и высвобождает транспортные средства.

Эффективность использования лома и отходов металла зависит от их качества. Загрязнение и засорение металлоотходов приводят к большим потерям при переработке, поэтому сбор, хранение и сдача их регламентируется специальными стандартами.

Основные операции первичной обработки металлоотходов — сортировка, разделка, механическая обработка. Сортировка заключается в разделении лома и отходов по видам металлов. Разделка лома состоит в разделении металлических и неметаллических включений. Механическая обработка включает рубку, резку, пакетирование и брикетирование на прессах.

Переработку промышленных отходов производят на специальных полигонах, предназначенных для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, которые образуются как при изготовлении новых приборов (в том числе и печатных плат), так и при утилизации вышедших из строя.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Загрязнение воздушного бассейна, гидросферы и литосферы при работе непосредственно за компьютером не обнаружено.

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка системы электропитания с помощью систем

автоматизированного проектирования proteus8. Таким образом процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Техносферными источниками чрезвычайных ситуаций (ЧС) на рассматриваемом рабочем месте могут быть пожары и взрывы, обрушение здания, затопления при разрушении плотин согласно.

Причинами возникновения пожаров являются: нарушение противопожарного режима, неосторожное обращение с огнем; нарушение мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий. К первичным средствам пожаротушения в соответствии с относятся: огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

Для обеспечения безопасности при пожаре должна включаться предупредительная сигнализация. При автоматической пожарной сигнализации используются датчики, реагирующие на появление открытого огня, дыма, повышение температуры согласно.

Профилактические мероприятия по пожаровзрывобезопасности при проектировании и строительстве зданий включают решение таких вопросов, как повышение огнестойкости зданий и сооружений, зонирование территории, применение противопожарных разрывов, применение противопожарных преград, обеспечение удаления из помещения дыма при возникновении пожара, обеспечение безопасной эвакуации людей при возникновении пожара.

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов.

К мероприятиям, повышающих устойчивость и механическую прочность зданий, сооружений, оборудования и их конструкций, относятся в соответствии с:

- проектирование сооружений с жестким каркасом (металлическим или железобетонным, со стеновым заполнением из облегченных материалов, с легкой и огнестойкой кровлей).

- применение для несущих конструкций высокопрочных и легких материалов (сталей повышенной прочности, алюминиевых сплавов)

- применение облегченных междуэтажных перекрытий и лестничные марши;

- дополнительное крепление воздушных линий связи, электропередач, наружных трубопроводов на высоких эстакадах в целях защиты от повреждения при ЧС;

- повышение устойчивости оборудования путем усиления его наиболее слабых элементов, а также созданием запасов этих элементов (прочное закрепление установок на фундаментах), размещение тяжелого оборудования на нижних этажах производственных зданий;

- устройство дополнительных конструкций для быстрой эвакуации людей при ЧС.

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Помещения должны быть оснащены средствами пожаротушения, а именно огнетушителями типа ОУ-2, ОУ-5 или ОП-5 (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники).

Согласно ПУЭ аудитория 105 4 корпуса ТПУ, относится к типу П-Па – пожароопасные. Категория помещения по пожароопасности указана в таблице 25.

Таблица 25 – Категория помещения по пожароопасности

Категория помещения	Характеристика пожароопасной зоны
П-Па пожароопасные	Пространство в помещениях, в которых обращаются твердые или волокнистые, не переходящие во взвешенное состояние, горючие вещества, материалы.

Классы пожара характеризуют объект пожара в зависимости от вида горящих веществ (материалов) и сложности их тушения. Для данной аудитории имеют место пожары класса Е - горение электроустановок и электрооборудования, находящегося под напряжением.

В аудитории 105 4 корпуса ТПУ имеется 1 огнетушитель, пожарная автоматика и сигнализация. План эвакуации этажа представлен на рисунке 29.

План помещений с нанесением путей эвакуации людей Северное крыло 4 учебного корпуса, 1-ый этаж

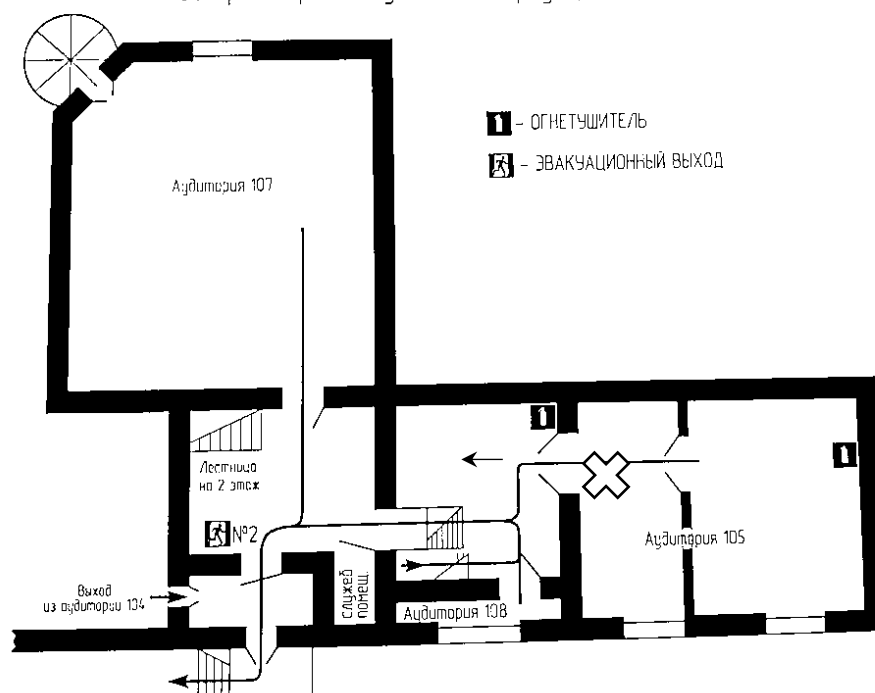


Рисунок 29 – План эвакуации

При обнаружении пожароопасных ситуациях необходимо:

1. при любых случаях сбоя в работе оборудования или программного обеспечения вызвать представителя инженерно-технической службы;

2. при возгорании оборудования, отключить питание и принять меры к тушению очага пожара при помощи углекислотного или порошкового огнетушителя, вызвать пожарную команду и сообщить о происшествии руководителю работ.

3. при возгорании оборудования, которое не получилось затушить самостоятельно, срочно произвести эвакуацию работников, согласно схеме эвакуации, и вызвать пожарную команду и сообщить о происшествии руководителю работ.

4. при эвакуации в первую очередь вывести женщин и помочь пожилым людям, оказать помощь пострадавшим. Зону пожара покинуть как можно быстрее, заранее прикинув безопасный маршрут. При необходимости использовать запасные пожарные выходы и лестницы. Брать с собой нужно только документы и деньги, ценные вещи, которые можно унести за один раз. Обязательно использовать простейшие средства защиты органов дыхания от угарного газа: смоченные водой платки, простыни, ватно-марлевые повязки. При сильном задымлении передвигайтесь ползком к выходу, так как внизу около пола дыма меньше и ниже вероятность потерять сознание. Уходя, не закрывать входную дверь в помещение возгорания на ключ. При невозможности покинуть помещение, стараться обратить на себя внимание: выбить окно, кричать и размахивать яркой тканью.

Заключение

В ходе работы рассчитано необходимое количество ФЭП для обеспечения МКА энергией на солнечно-синхронной орбите. Выбрана АБ для обеспечения МКА энергией на участках с недостаточной освещенностью. На базе МК atmega88 разработана СЭП с отбором максимальной мощности солнечной батареи и контролем заряда АБ. Написана программа на языке Си, выполняющая алгоритм поиска ТММ СБ. Алгоритм для контроля заряда и температуры АБ. Проведено моделирование работы ШРМ в САПР proteus 8, результаты моделирования представлены на рисунок 22.

Данную систему электропитания предполагается использовать для создания малых космических аппаратов с пассивной гравитационной системой ориентации с неподвижно закрепленными СБ. Спроектированная система предназначена для малого космического аппарата ДЗЗ.

Список использованных источников

1. Малые космические аппараты – новые средства дистанционного зондирования Земли из космоса. Горбунов А.В. Изд-во Научно-производственное предприятие ВНИИЭМ с заводом им. А.Г. Иосифьяна. – 2001. – 18-41 с.
2. Гушин В. Н. Основы устройства космических аппаратов: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.
3. Чернов А. А., Чернявский Г. М. Орбиты спутников дистанционного зондирования Земли. Лекции и упражнения. – М.: Радио и связь, 2004. – 200 с.
4. Б.П. Соустин, В. И. Иванчура, А. И. Чернышев, Ш. Н. Исляев. Системы электропитания космических аппаратов. Новосибирск: ВО «Наука», 1994. – 318 с.
5. МРРТ контроллеры: Что такое МРРТ контроллеры [Электронный ресурс] – URL: <http://www.solarhome.ru/ru/control/mppt>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Рус. – Дата обращения: 25.05.2019.
6. Atmega88 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/83751/atmel/atmega88.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. Дата обращения: 22.05.2019.
7. Irfp250 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22407/stmicroelectronics/irfp250.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 20.05.2019.
8. Tc4420 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/26024/telcom/tc4420.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 21.05.2019.
9. Lm35 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517588/ti1/lm35.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 12.05.2019.
10. LM7805 Datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82833/FAIRCHILD/LM7805.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 17.05.2019.

11. Ina 169 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/83943/TI/INA169.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 18.05.2019.
12. Irl 520 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/169105/irf/irl520.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. – Дата обращения: 11.05.2019.
13. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
14. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003
17. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.
18. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011
19. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.
20. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.
21. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.
22. ГОСТ 30494-2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

23. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984.
24. Пожарная безопасность серверной комнаты [Электронный ресурс] URL: <https://avtoritet.net/library/press/245/15479/articles/15515>, Дата обращения: 10.03.2019, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. Дата обращения: 23.05.2019.
25. Пожарная безопасность серверной комнаты [Электронный ресурс] URL: <https://avtoritet.net/library/press/245/15479/articles/15515>, Дата обращения: 10.03.2019, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. Англ. Дата обращения: 21.05.2019.
26. Системы противопожарной защиты установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические, 2009. – 100 с.
27. НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.
27. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).
28. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя, 2017.
29. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002. – 222 с.
30. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.
31. Дашковский А.Г. Расчет устройства защитного заземления. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Электробезопасность» для студентов всех специальностей ЭЛТИ. Томск, изд. ТПУ, 2010. – 8 с.

Приложение А (обязательное)

Программный код на языке С для работы СЭП

```
#define F_CPU 2000000UL
#include <avr/io.h>
float val;
float V0 = 0;
float I0 = 0;
float pwm = 10;
float delta = 2.7;
float dV;
float dI;
float I;
float V;
float dP;
float P0;
float P;
float T;
float Ubat;

int main(void)
{
    DDRC |= (1<<PC5);
    DDRB |= (1<<PB1)|(1<<PB7)|(1<<PB4); // выходы = 1
    PORTB &= ~(1<<PB1); // по умолчанию отключены = 0
    DDRC &= ~(1 << PC0)|(1<<PC1)|(1<<PC5)|(1<<PC3); // входы ADC
    ADCSRA = _BV(ADEN);
    //ШИМ повышающего преобразователя
    TCCR1A |= (1<<COM1A1)|(1<<WGM11);
    TCCR1B |= (1<<CS10)|(1<<WGM13);
    ICR1 = 100;
    //ШИМ понижающего преобразователя

    while(1)
    {
        //измерение напряжения
        ADMUX = 0;
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
        while(ADCSRA & _BV(ADSC))
        {}
        V = ADC*3.4/204.8;
        //измерение тока
        ADMUX = 1;
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
        while(ADCSRA & _BV(ADSC))
        {}

        I = ADC/204.8;
        //измерение напряжения АБ
        ADMUX = 2;
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
        while(ADCSRA & _BV(ADSC))
        {}

        Ubat = ADC/204.6;
        if (Ubat < 4.7)
        {
            PORTC |= (1<<PC5);
        }
        else
        {
            PORTC &= ~(1<<PC5);
        }

        //измерение температуры АБ
        ADMUX = 3;
```



```

ADCSRA |= (1<<ADSC);
while(ADCSRA & _BV(ADSC))
{}

T = (ADC/204.6);

if (T < 10)
{
    PORTB |= (1<<PB4);
}
if (T > 20)
{
    PORTB &= ~(1<<PB4);
}

//изменение скважности в зависимости от изменения напряжения и тока
dV = V-V0;
dI = I-I0;

if (dV==0)
{
    if (dI==0)
    {
        // null
    }
    else
    {
        if (dI>0)
        {
            pwm = pwm - delta;
        }
        else
        {
            pwm = pwm + delta;
        }
    }
}
else
{
    if ((dI/dV + I/V) == 0)
    {
        //null x[0] = V x[1] = I
    }
    else
    {
        if ((dI/dV + I/V)>0)
        {
            pwm = pwm - delta;
        }
        else
        {
            pwm = pwm + delta;
        }
    }
}
V0 = V;
I0 = I;
P0 = V0*I0;

val = pwm;

TCCR1A |= (1<<COM1A1)|(1<<WGM11);
TCCR1B |= (1<<CS10)|(1<<WGM13);
OCR1A = val;
ICR1 = 100;

}
}

```

```

}

```

Приложение Б
(обязательное)

Принципиальная схема СЭП

Приложение В
(обязательное)
Перечень элементов