

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 «Управление в технических системах»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка мобильного источника питания на солнечных батареях

УДК 621.311.6-026.26:681.51:621.472

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казьмин Виктор Павлович	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Скаковская Наталья Вячеславовна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Николай Архипович	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		
Руководитель ООП	Пушкарев Максим Иванович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах»

Код результатов	Результаты обучения Профессиональные и общепрофессиональные компетенции
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 27.04.04 «Управление в технических системах»
 Уровень образования – Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы: 10.06.2019

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2019	Раздел 1. Анализ способов ориентации и обоснование использования солнечного трекера	15
01.04.2019	Раздел 2. Общая характеристика элементной базы сау	20
15.05.2019	Раздел 3. Проектирование сау положения солнечных панелей	20
30.05.2019	Раздел 4. Тестирование мобильного источника питания на солнечных батареях	20
15.05.2019	Раздел 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
15.05.2019	Раздел 6. Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казьмин Виктор Павлович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Пушкарев Максим Иванович	к.т.н.		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 27.04.04 «Управление в технических системах»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ _____ Леонов С. В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерская диссертация

Студенту:

Группа	ФИО
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич

Тема работы:

Разработка мобильного источника питания на солнечных батареях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2019 №1160/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> - сервоприводы; - солнечные панели; - светочувствительные элементы; - bluetooth-модуль; - платформа Arduino UNO.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор; 2. Исследование систем автоматического управления положением объекта; 3. Разработка и сборка устройства автоматического управления положением солнечных панелей; 4. Разработка алгоритмов и программы управления сервоприводами; 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 9. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	Презентация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Основная часть	Казьмин Виктор Павлович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Скаковская Наталья Вячеславовна
Социальная ответственность	Алексеев Николай Архипович
Раздел на иностранном языке	Сидоренко Татьяна Валерьевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы технической диагностики машин и оборудования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.02.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казьмин Виктор Павлович	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.04 "Управление в технических системах"

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады ТПУ, прайс-лист интернет-кафе, средние цены на материалы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчётно-аналитические
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Процент отчислений на уплату во внебюджетные фонды - 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений. 3. SWOT- анализ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	1. Определение трудоёмкости работ. 2. Разработка графика проведения научного исследования
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	1. Основная заработная плата исполнителей темы 2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы 3. Отчисления во внебюджетные фонды 4. Прочие расходы 5. Формирование бюджета затрат НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсоэффективности проекта расчётом интегрального показателя

Перечень графического материала:

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. Морфологическая матрица
5. Диаграмма Ганта
6. Материальные затраты
7. График проведения и бюджет НТИ
8. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Скаковская Н.В.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА "СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ"

Студенту:

Группа	ФИО
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.04 "Управление в технических системах"

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Мобильная система автоматического управления положением солнечных панелей, оборудованная двумя сервоприводами, питание которых осуществляется от устройства Power-Bank, состоящего из литий-ионных аккумуляторов. Данное устройство может быть применено для зарядки power-bank солнечной энергией.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<p>1. Специальные правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
<p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - микроклимат (СанПиН 2.2.4.548–96) - освещенность (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03) - электромагнитные излучения (СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96) - шум (СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96) <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электроопасность (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ)

<ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Воздействие на литосферу в случае утилизации персонального компьютера, как отход электронной промышленности.</p> <p>Воздействие на гидросферу из-за подъема большого количества шахтных, рудничных, карьерных и дренажных вод (далее - шахтных вод), загрязняющих водные бассейны.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Пожар на рабочем месте.</p> <p>Выделение метана.</p> <p>Угольная пыль.</p> <p>Воспламенение угля.</p> <p>Обвал пластов породы.</p> <p>Прорыв дамбы.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.02.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Н.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ71	Гурин Алексей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 127 страниц, 45 рисунков, 27 таблиц, 54 литературных источников, 3 приложения.

Ключевые слова: система автоматического управления, Arduino Uno, солнечные панели, сервоприводы, солнечная энергетика, фотоэлектрические резисторы, bluetooth-модуль, тестирование солнечного трекера.

Объектом исследования является мобильная система автоматического управления положения солнечных панелей на базе аппаратной платформы Arduino UNO.

Цель работы - разработка и исследование системы автоматического управления положения солнечных панелей.

В процессе исследования проводился выбор основных компонентов устройства, проектирование и сборка платформы, тестирование фотоэлектрических датчиков, сборка и наладка аппаратной и программной частей системы, разработка системы дистанционного управления.

В результате исследования были установлены основные зависимости изменения положения солнечных панелей, а также была спроектирована и собрана система автоматического управления, способная распознавать положение солнца и корректировать относительно него положение солнечных панелей. Солнечная панель управляется дистанционно.

В будущем планируется модернизация системы автоматического управления путем проектирования новой платформы для увеличения её мобильности, поиск более компактного и дешёвого микроконтроллера, разработка более надежных и точных алгоритмов управления.

Содержание

Определения, обозначения и сокращения	13
Введение.....	14
1 Анализ способов ориентации и обоснование использования солнечного трекера.....	15
1.1 Рациональное использование энергии солнца	15
1.2 Обоснование использования солнечного трекера.....	17
1.3 Влияние внешних факторов на эффективность работы солнечных панелей	19
1.4 Способы ориентации солнечных панелей	21
1.5 Состав солнечного трекера.....	22
2 Общая характеристика элементной базы сау.....	24
2.1 Описание системы автоматического управления	24
2.2 Электроприводы	29
2.3 Микроконтроллер	34
2.4 Фоточувствительные элементы	35
2.5 Солнечные панели	38
3 Проектирование сау положения солнечных панелей	41
3.1 Разработка чертежей и создание 3d моделей.....	41
3.1.1 Корпус	41
3.1.2 Солнцезащитный экран для power-bank	42
3.1.3 Солнцезащитный экран для макетной платы и микроконтроллера .	42
3.1.4 Платформа для первого сервопривода.....	43
3.1.5 Платформа для второго сервопривода.....	43
3.1.6 Подставка для солнечных панелей.....	44
3.2 Разработка электрической схемы	44

3.3	Алгоритм работы программы.....	46
3.5	Сборка устройства	52
4	Тестирование мобильного источника питания на солнечных батареях	54
4.1	Необходимость тестирования мобильного источника	54
4.2	Измерение количества преобразованной энергии	54
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	57
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	57
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	57
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	58
5.2	Технология QuaD.....	60
5.3	SWOT – анализ.....	62
5.4	Определение возможных альтернатив научных исследований.....	65
5.5	Планирование научно - исследовательских работ	67
5.5.1	Структура работ научного исследования	67
5.5.2	Определение трудоёмкости работ	70
5.5.4	Бюджет научно-технических исследований.....	75
5.5.5	Расчёт материальных затрат научно-технических исследований.....	76
5.5.6	Основная заработная плата исполнительной темы	78
5.5.7	Дополнительная заработная плата исполнительной темы.....	79
5.5.8	Отчисления во внебюджетные фонды	80
5.5.9	Накладные расходы.....	81
5.5.10	Формирование бюджета затрат НИИ	81
5.6	Определение ресурсоэффективности проекта.....	82
6	Социальная ответственность	86

Аннотация	86
6.1 Производственная безопасность	86
6.1.1 Микроклимат	87
6.1.2 Шум	89
6.1.3 Освещенность	89
6.1.4 Электромагнитные излучения	97
6.1.5 Электрический ток	98
6.2 Экологическая безопасность	100
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	103
6.4 Организационные вопросы обеспечения безопасности	104
Заключение	106
Список используемых источников	107
Приложение А	111
Приложение Б	113
Приложение В	115

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

power-bank: портативный аккумулятор;

bluetooth: производственная спецификация беспроводных персональных сетей (Wireless personal area network, WPAN);

В данной работе применены следующие сокращения с соответствующими расшифровками.

КПД - коэффициент полезного действия;

USB - universal Serial Bus или универсальная последовательная шина;

COM - communication port или последовательный порт

GND - ground или заземление;

АБС - акрилонитрилбутадиенстирол, вид 3д пластика;

НТИ - научно-технические исследования;

ЧС - чрезвычайная ситуация.

Введение

Обеспечение электроэнергией мобильных устройств и гаджетов в удалённых, малодоступных местах, например, в туристических походах и экспедициях является весьма актуальной проблемой. Поэтому встает задача разработки малогабаритных мобильных источников электроэнергии. В роле такого источника может выступать мобильная система преобразования солнечной энергии в электроэнергию.

Основной проблемой современного этапа становления солнечной энергетики является низкий показатель эффективности, по сравнению с традиционными способами генерирования электроэнергии. Существующие системы преобразования солнечной энергии обладают небольшим коэффициентом преобразования. В ясный солнечный день на каждый квадратный метр площади фотоэлектрический модулей (ФМ), перпендикулярной вектору солнечных лучей, поступает примерно 1 кВт энергии, но к потребителю поступает только часть этой энергии. Невысокие показатели реального КПД кремниевых фотоэлементов массового производства (в среднем 20 %) [1], а также недоиспользование возможностей фотоэлектрического модуля, являются факторами, негативно отражающимися на количестве генерируемой энергии. В связи с невысокими показателями КПД, возникает вопрос о повышении эффективности системы. Повысить количество получаемой энергии не менее чем на 30 % возможно реализацией режима непрерывного автоматического слежения фотоэлектрических модулей за солнцем (Рисунок 1).

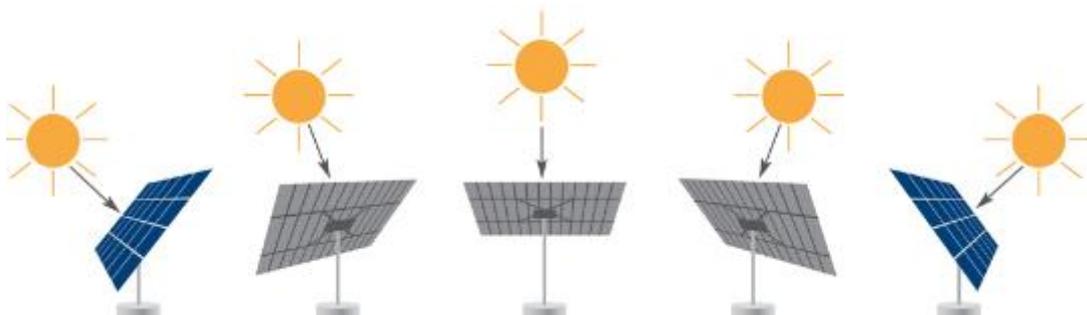


Рисунок 1 - Изменение положения солнечных панелей в течение дня

1 Анализ способов ориентации и обоснование использования солнечного трекера

1.1 Рациональное использование энергии солнца

Для получения максимального коэффициента полезного действия от солнечных панелей, т.е. получения электрической энергии, требуется, чтобы угол падения солнечного излучения был равен 90 градусам. Тогда концентрация солнечной энергии будет максимальна. По-другому говоря, нужно чтобы в течении дня система контролировала положение установки, так чтобы угол между солнечными лучами и солнечными модулями был прямым.

Изменение солнца в течении суток есть входная переменная, по которой должна ориентироваться система. Установка контролирует положение солнечных панелей на в течение дня и года и необходимо рассмотреть изменение положения лучей в зависимости от положения Земли и Солнца. В течение года Земля проходит по эллиптической траектории вокруг Солнца (рисунок 2). Эта траектория и является причиной смены времен года и продолжительности светового дня. Изменение высоты Солнца на небосклоне в течение года определяется прецессией земной оси, изображённой на рисунке 3, отвечающей за склонение оси Земли относительно плоскости эклиптики в течение года. В течение дня Земля также вращается вокруг своей оси, описывая полный круг, это движение является причиной восходов и закатов. [1]

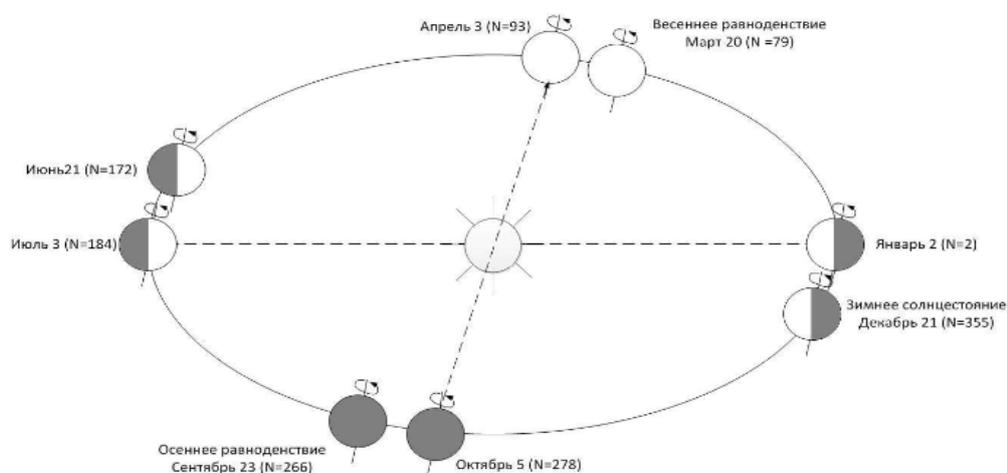


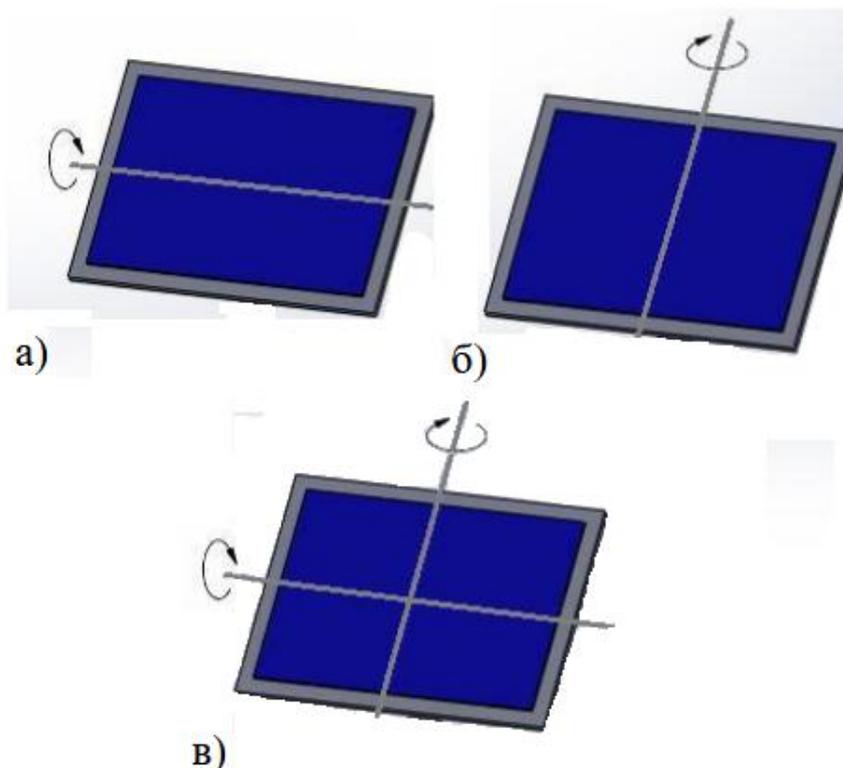
Рисунок 2 - Вращение Земли вокруг Солнца в течение года



Рисунок 3 – Схематическое изображение прецессии земной оси

За одни сутки земля поворачивается вокруг своей оси на 360° , однако солнечные панели будет генерировать энергию только в течение светового дня. Длительность дня меняется в зависимости от широты и места установки солнечных панелей. Необходимо проследить за двумя условиями изменения высоты Солнца: в течение дня и условия изменения высоты Солнца по временам года. Положение Солнца на небосводе может быть описано двумя углами: азимут и зенит. Азимут - угол между истинным направлением севера и проекцией Солнца на горизонтальную плоскость Земли. Зенитный угол характеризует высоту солнцестояния. Азимут изменяет значение в течение дня из-за вращения Земли вокруг своей оси (его также называют часовой угол), а зенитный угол изменяется из-за прецессии земной оси. Следовательно, при проектировании системы контроля необходимо принимать во внимание два вращательных движения Солнца: ежедневное движение (перемещение по оси азимута) и ежегодной прецессии земной оси (перемещение по оси эклиптики). Существует два способа контроля положения Солнца: по одной оси и по двум.

Количество осей определяет механизм системы контроля: одноосная и двухосная, рисунок 4 [1].



а) одноосная азимутальная; б) одноосная зенитальная; в) двухосная

Рисунок 4 – Системы контроля

Двухосные системы контролируют положение Солнца в двух плоскостях (азимуту и эклиптике Солнца), что обеспечивает точное отслеживание солнечного перемещения в течение дня.

1.2 Обоснование использования солнечного трекера

Солнечный трекер — устройство, предназначенное для отслеживания положения солнца и ориентирования несущей конструкции таким образом, чтобы получить максимальный КПД от солнечных батарей. Концепция трекера предельно проста — по нескольким датчикам контроллер определяет оптимальное положение для солнечных батарей и с помощью двигателей поворачивает платформу с солнечными панелями в необходимую сторону.

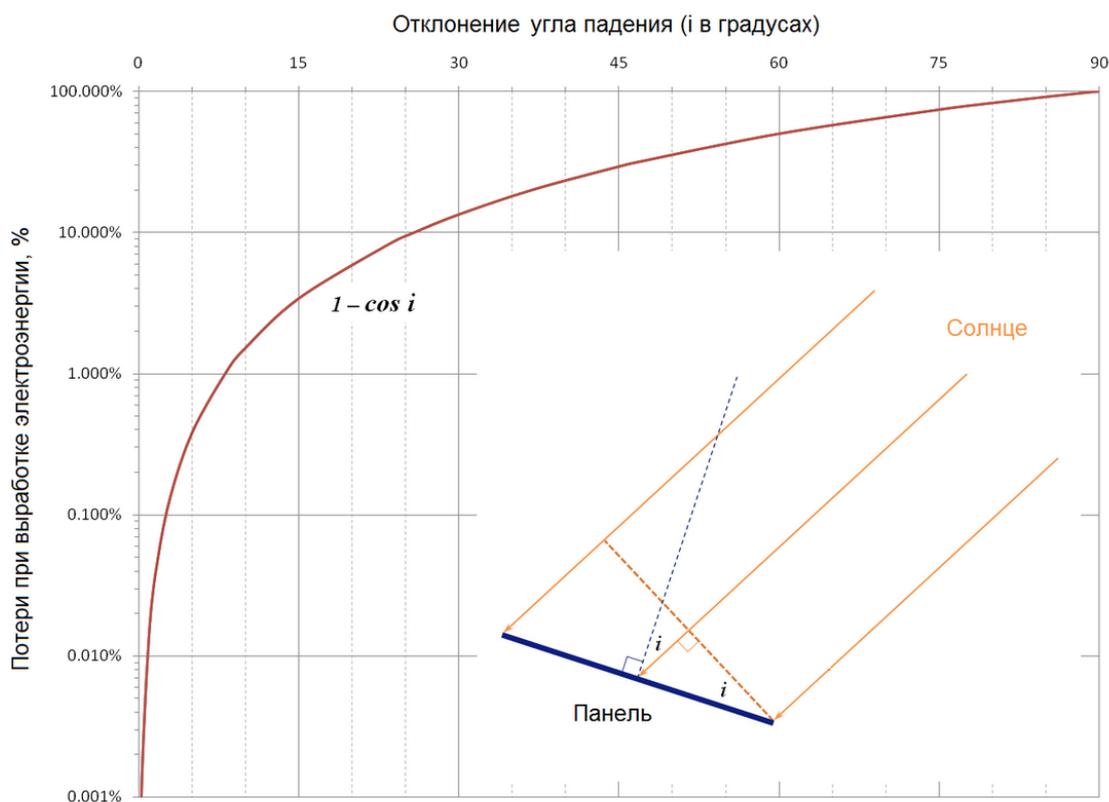


Рисунок 5 – Зависимость величины потерь при выработке электроэнергии солнечными панелями от величины угла

Данный график, изображённый на рисунке 5, отображает зависимость величины потерь при выработке электроэнергии солнечными панелями от величины угла отклонения от оптимального положения плоскости панели. Из графика зависимости видно, что трекер с точностью $\pm 5^\circ$ обеспечивает улавливание панелью более 99,6 % энергии прямых лучей и 100 % — от рассеянного света [28].

Учитывая особенности ежедневной траектории движения солнца, можно сказать, что эффективный угол поворота панелей — около 150° . Панель, которая зафиксирована в направлении ровно по середине между точками заката и восхода теряет до 75 % от максимально возможной выработки в утреннее и вечернее время.

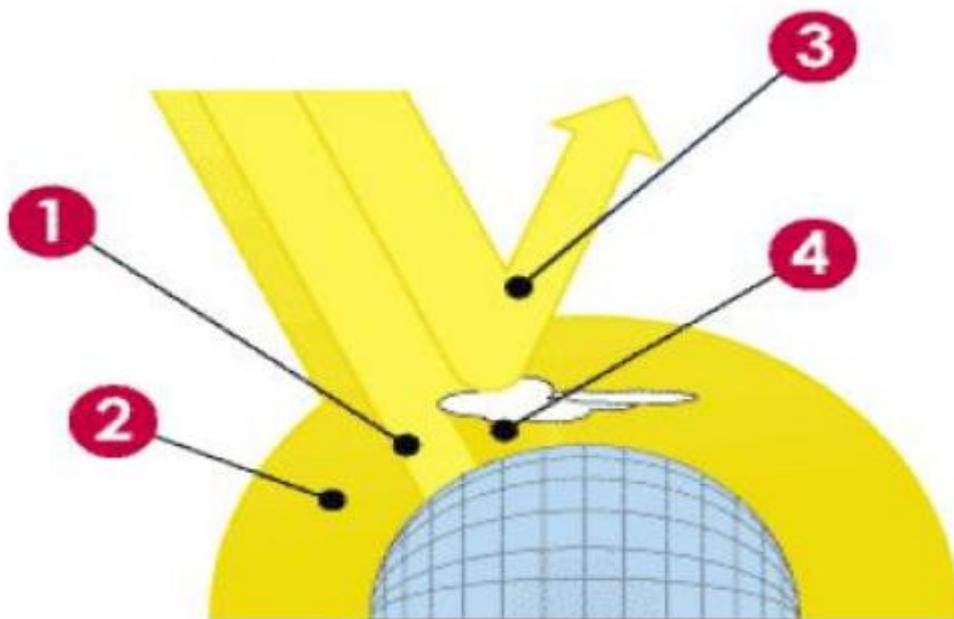
Вращение панели от востока к западу для минимизации этих потерь называют однокоординатным слежением. Кроме дневного движения с востока на запад солнце совершает сезонное перемещение между северной и южной

сторонами света на 46° . Для того чтобы учитывать эти изменения необходимо двух координатное слежение.

Трекеры для солнечных батарей бывают нескольких конфигураций, руководствуются различными алгоритмами при выборе направления, имеют разные приводные механизмы. Несмотря на массу возможных различий между трекерами, чаще всего они делятся на два типа — однокоординатные и двухкоординатные [30].

1.3 Влияние внешних факторов на эффективность работы солнечных панелей

Солнечный свет проходит свой путь от Солнца до Земли по прямой линии. Когда он достигает атмосферы, часть света преломляется, а часть достигает земли по прямой линии. Другая часть света поглощается атмосферой. Преломленный свет — это то, что обычно называется диффузной радиацией, или рассеянным светом. Та часть солнечного света, которая достигает поверхности земли без рассеяния или поглощения — это прямая радиация. Прямая радиация - наиболее интенсивная.



1 - прямая; 2 - поглощение; 3 – отражение; 4 – непрямая

Рисунок 6 – Излучения поверхности земли

Солнечные модули производят электричество даже тогда, когда нет прямого солнечного света. Поэтому, при облачной погоде фотоэлектрическая система будет производить электричество. Однако, наилучшие условия для генерации электроэнергии будут при ярком солнце и при ориентации панелей перпендикулярно солнечному свету. Для местностей северного полушария панели должны быть ориентированы на юг, для стран южного полушария - на север [35].

Таблица 1 – Влияние различных условий на эффективность фотоэлектрических модулей.

Условие	% от полной мощности
Яркое солнце - панели расположены перпендикулярно солнечным лучам	100 %
За оконным стеклом, один слой, стекло и модуль перпендикулярны солнечным лучам	91%
За оконным стеклом, 2 слоя, стекло и модуль перпендикулярны солнечным лучам	84%
За оконным стеклом, один слой, стекло и модуль под углом 45° солнечным лучам	64%
Искусственный свет в офисе, на поверхности письменного стола	0,4%
Искусственный свет внутри яркого помещения (например, магазин)	1,3%
Искусственный свет внутри жилого помещения	0,2%

1.4 Способы ориентации солнечных панелей

Существует три способа контроля ориентации ФМ [25]:

1. Ручной способ, при котором наводка на Солнце производится оператором;
2. Пассивный способ, при котором поворот ФМ в течение дня производится по заданному алгоритму управления;
3. Активный способ, обеспечивающий постоянную ориентацию на максимальный поток солнечного излучения.

В системах с ручной наводкой ФМ на Солнце производится пользователем. Для ориентации большого количества ФМ используется пульт управления общим приводом. Точность, а, как результат, и выработанная в течение дня мощность напрямую зависит от пользователя: его выбора угла наклона ФМ, количества поворотов ФМ в течение дня [24].

Все пассивные системы контроля имеют один принцип работы – управление скоростью вращения ФМ, на основе расчетно-постоянных характеристиках для данного географического положения ФМ. Исходные величины для разработки алгоритма работы системы контроля являются постоянными: географическая широта местности, продолжительность дня для данной местности, изменение высоты солнцестояния в течение дня и в течение года.

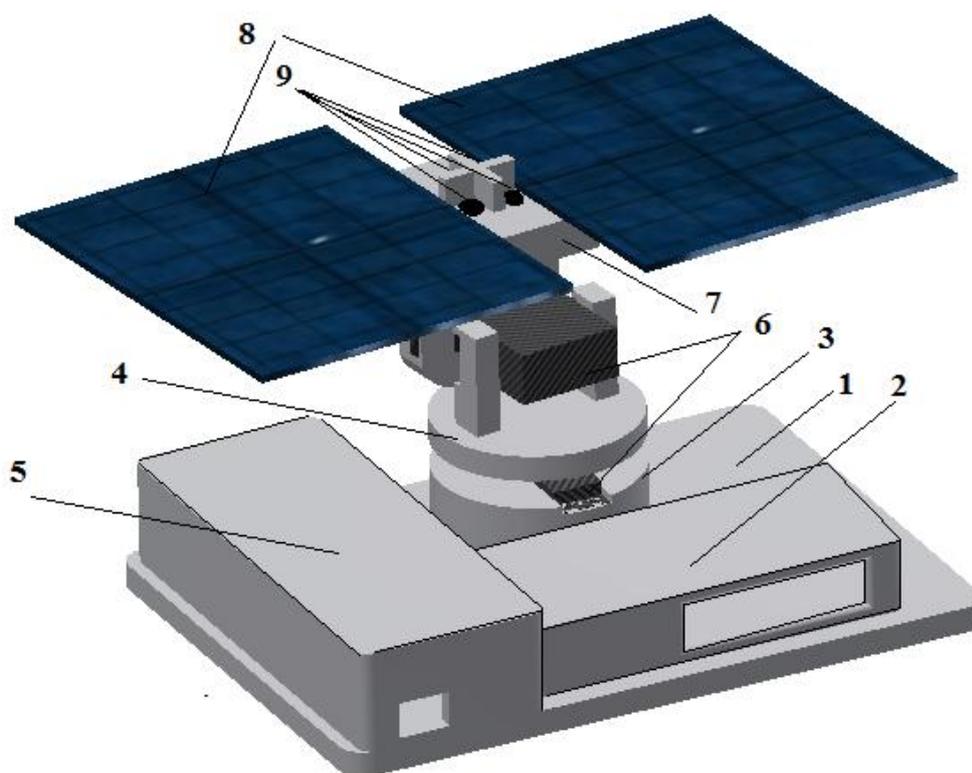
Для использования таких систем необходимы данные метеослужбы для каждого конкретного местоположения ФМ и требуют перерасчета угла и скорости поворота ФМ, а, следовательно, изменения программы. Для перерасчета и перепрограммирования микроконтроллера необходима работа специалистов, что лишает мобильности и возможности личного использования.

Активные системы контроля получили наибольшее развитие и распространение на сегодняшний день. В отличие от пассивных систем активные системы ориентируют поверхность ФМ на максимальный поток солнечного

излучения. Использование таких систем наиболее экономически целесообразно и требует наименьшего обслуживания и вмешательства.

1.5 Состав солнечного трекера

Главная задача данной выпускной квалификационной работы - разработка мобильного устройства, позволяющего преобразовывать солнечную энергию в электрическую в условиях отсутствия электроснабжения, для зарядки мобильных устройств и карманных гаджетов. Преобразование солнечной энергии происходит с помощью солнечных панелей, положение которых регулируется с помощью микроконтроллера, тем самым панели всегда направлены в сторону солнца. 3д модель прототипа устройства изображена на рисунке 7.



1- Корпус; 2 - Солнцезащитный экран для power-bank; 3 - Платформа для первого электропривода; 4 - Платформа для второго электропривода; 5 - Солнцезащитный экран для макетной платы и микроконтроллера; 6 – Электроприводы; 7 - Подставка для солнечных панелей; 8 - Солнечные панели; 9 – Фоторезисторы.

Рисунок 7 - 3д модель прототипа устройства

Так же, система автоматического управления включает микроконтроллер, макетную плату с соединительными проводами и power-bank, которые не изображены на рисунке 7.

Изменение положения солнечных панелей происходит за счёт изменения угла поворота выходного вала электропривода. Система включает два электропривода, один отвечает за изменение положения солнечных панелей вокруг оси X, другой за изменение положения панелей вокруг оси Y (рисунок 8).

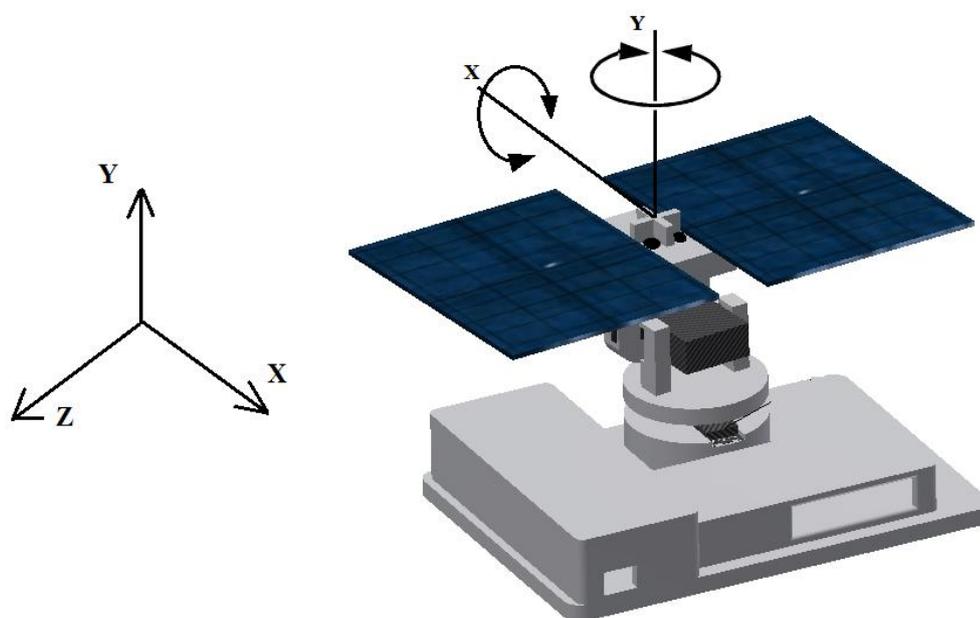


Рисунок 8 – 3д модель устройства с осями зависимости положения солнечных панелей

Изменение угла поворота электроприводов происходит за счёт подачи управляющего сигнала микроконтроллера - импульса, длительность которого и определяет величину угла. Длительность импульса, которую подаёт микроконтроллер, зависит от величины сопротивления фоторезисторов, с помощью которых и определяется положение солнца. Преобразованная солнечная энергия с панелей поступает на зарядку power-bank, устройства, состоящего из нескольких литий-ионных аккумуляторов. Помимо того, что power-bank выступает хранилищем получаемой энергии, он так же обеспечивает энергией микроконтроллер и электроприводы.

2 Общая характеристика элементной базы сау

2.1 Описание системы автоматического управления

Для увеличения выработки солнечной энергии нужно увеличить количество солнечной энергии, попадающей на солнечные панели. Максимальное количество солнечной энергии попадает на солнечные панели если угол падения лучей составляет 90 градусов. Таким образом, задачей системы автоматического регулирования является изменение положения солнечных панелей так, чтобы угол падения солнечных лучей составлял 90 градусов или стремился к тому. Так как, солнце движется с востока на запад в течении дня и совершает сезонное перемещение между северной и южной сторонами света требуется двух координатное слежение, рисунок 9. Двух координатное слежение в системе организовано с помощью двух серводвигателей. Один из серводвигателей отвечает за изменение положения панелей по оси X, а второй по оси Y, рисунок 10.

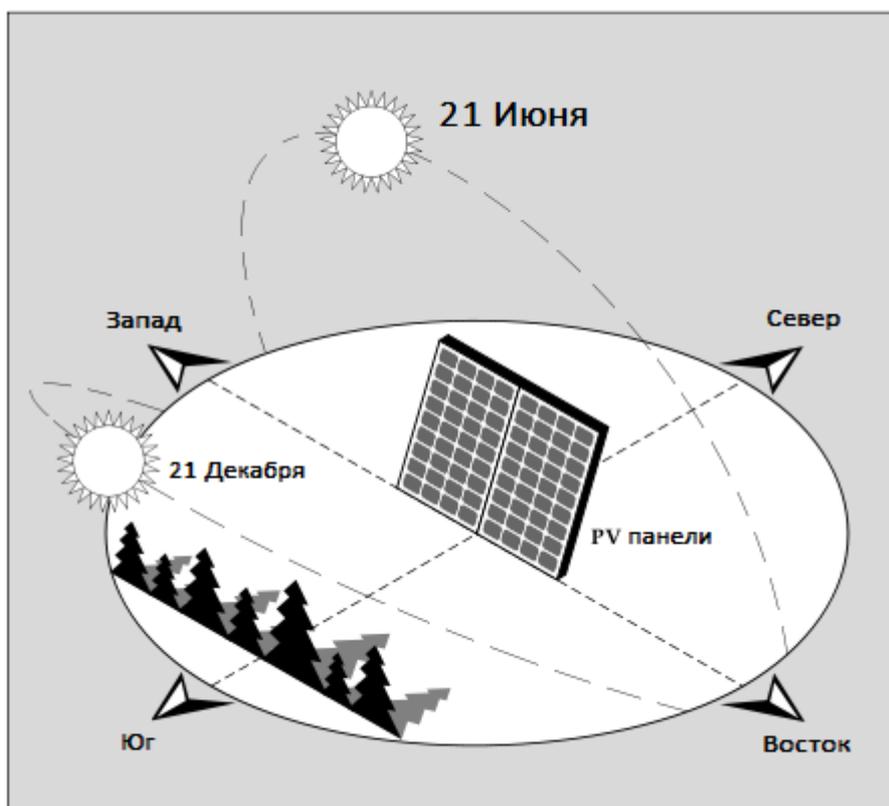


Рисунок 9 – Изменение положения солнца в течении года

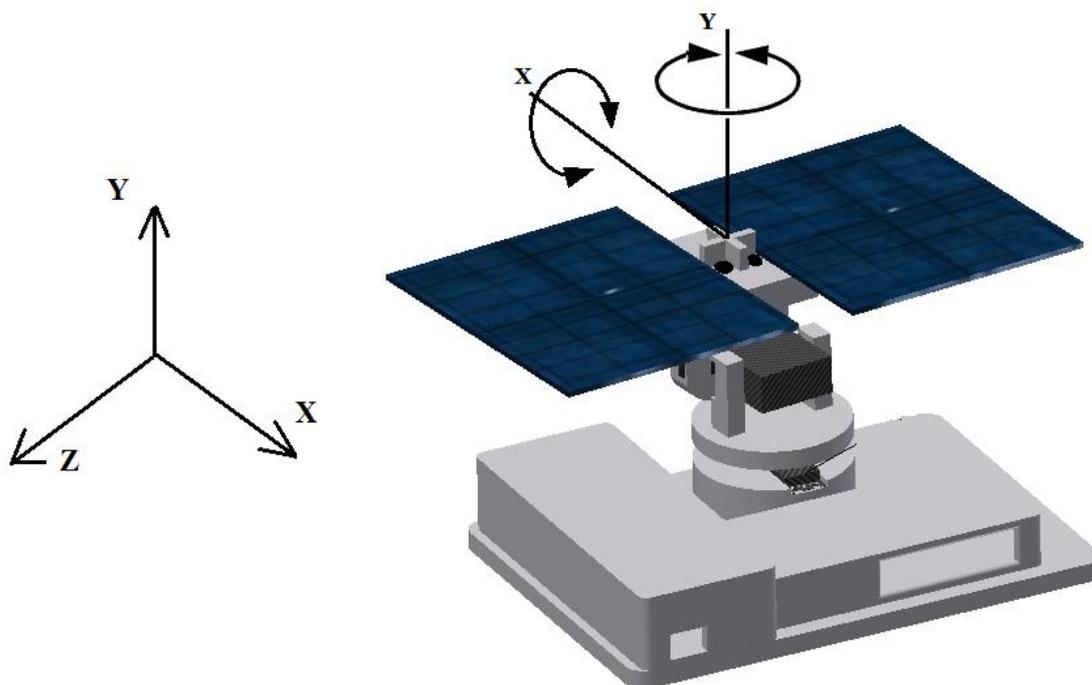


Рисунок 10 - 3д модель устройства с осями зависимости положения солнечных панелей

Для определения максимального количества солнечной энергии требуются приёмники солнечного излучения – фоторезисторы, рисунок 11. В зависимости от количества солнечной энергии поступающей на фоторезистор он изменяет своё сопротивление, чем больше солнечной энергии поступает на фотоэлемент, тем меньше его сопротивление.

На рисунке 11 изображено схематичное представление расположения фоторезисторов. $1f, 2f, 3f, 4f$ – фоточувствительные элементы. Чёрный крест – перегородки между фоторезисторами для ограничения солнечных лучей. Точность системы зависит от максимального теневого и светового сопротивления фоторезисторов. Так как одна из главных задач проекта это разработка малобюджетного устройства устанавливаются дешевые фоторезисторы, световое сопротивление которых (24 ± 2) кОм. Учитывая погрешности показаний фоторезисторов, точность отслеживания положения солнца устройством не менее 91,7 %.

Если $I_{1f} + I_{2f} < I_{3f} + I_{4f}$, тогда система поворачивает солнечные панели вокруг оси Y, по часовой стрелке.

Если $I_{1f} + I_{3f} > I_{2f} + I_{4f}$, тогда система поворачивает солнечные панели вокруг оси X, по часовой стрелке.

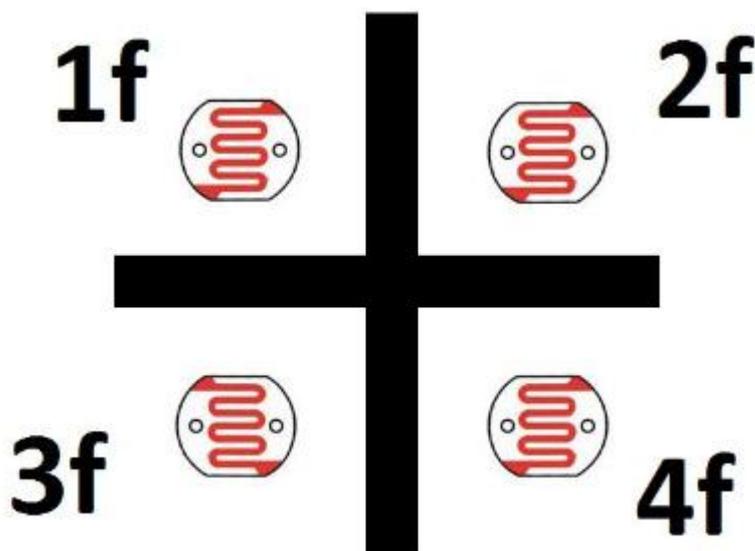


Рисунок 11 – Расположение фоторезисторов

Устройством управления выступает микроконтроллер AtMega 328, который располагается на аппаратной платформе Arduino UNO, которая установлена на платформе устройства. С помощью приёмников – фоторезисторов, микроконтроллер анализирует освещенность в разных положениях трекера и передаёт сигналы управления на сервоприводы до тех пор, пока потоки света на всех фотоэлементах не будут равны.

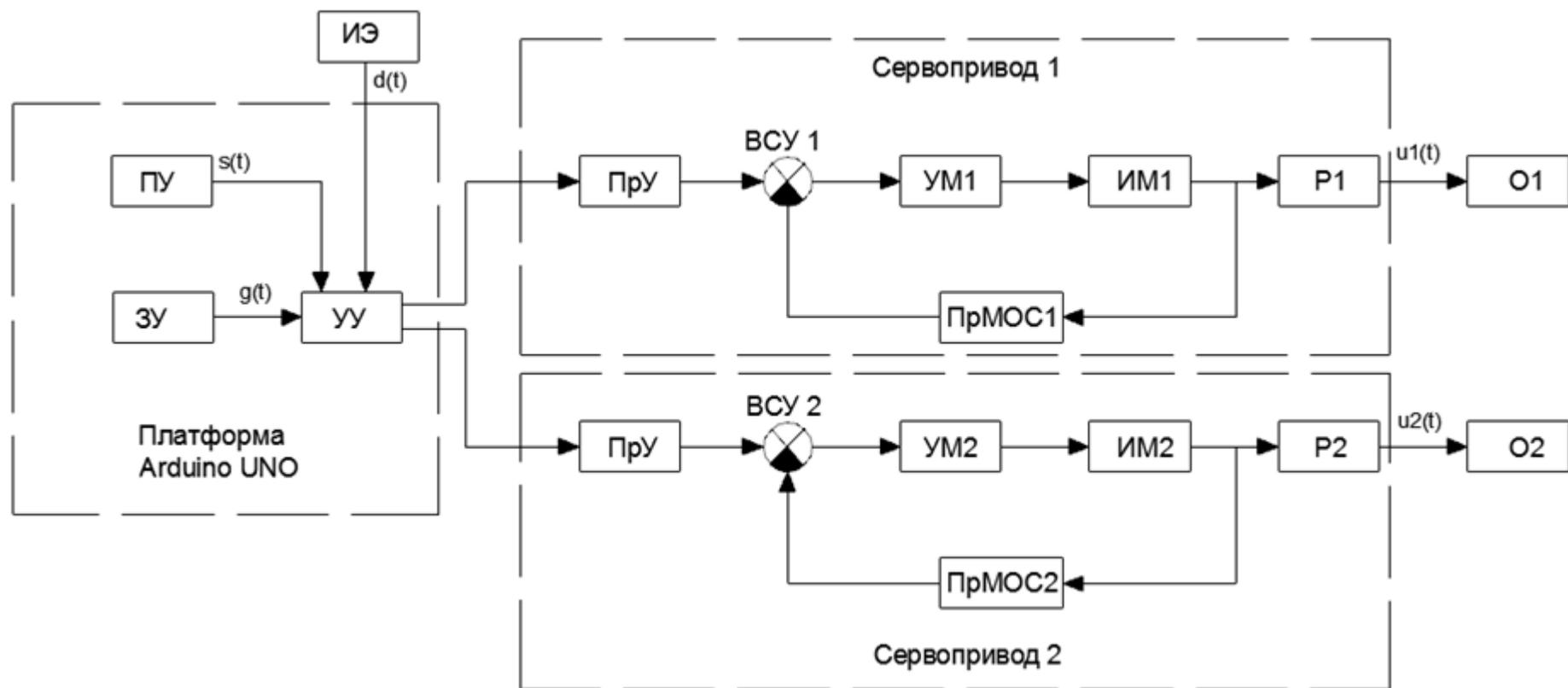


Рисунок 12 – Функциональная схема управления САР положением подставок для солнечных панелей

Таблица 2 – Функциональные блоки

Функциональный блок	Описание функционального блока
ЗУ	Задающее устройство. Регулятор напряжения.
ПУ	Пульт управления. Bluetooth – модуль.
ПрУ	Преобразующее устройство. Аналогово-цифровой преобразователь.
УУ	Устройство управления. Микроконтроллер AtMega328.
ИЭ	Измерительный элемент регулирующей величины. Фоторезисторы.
ВСУ1, ВСУ2	Вспомогательное сравнивающее устройство. Потенциометр.
УМ1, УМ2	Усилитель мощности управляющего сигнала.
ИМ1, ИМ2	Исполнительный механизм. Электродвигатель.
Р1, Р2	Регулирующий орган управления. Редуктор.
О1, О2	Объект управления. Солнечные панели.
ПрМОС1, ПрМОС2	Преобразователь сигнала местной обратной связи. Преобразователь угла в напряжение (плата управления).

Классификация системы автоматического регулирования положения солнечных панелей.

- По характеру изменения задающего воздействия - следящая система.
- По размерности координат объекта – многосвязный или многомерный, так как имеет две управляющие и две регулируемые координаты.
- По виду математического описания линейным, так как не содержит нелинейных элементов.

Описание принципа работы системы автоматического регулирования по функциональной схеме.

На устройство управления (УУ) подаётся напряжение с регулятора напряжения (ЗУ) и в зависимости от показаний измерительных элементов (ИЭ), при наличии разрешающего сигнала с пульта управления (ПУ),

микроконтроллер отправляет цифровые сигналы на управление сервоприводами. В сервоприводах цифровые сигналы приходят на цифроаналоговые преобразователи (ПрУ1 и ПрУ2). С преобразователей сигналы приходят на вспомогательные сравнивающие устройства (ВСУ1 и ВСУ2) - потенциометры. Далее, потенциометры вычисляют разницу напряжений пришедшего сигнала с сигналом, поступающим по местной обратной связи с платы управления (ПрМОС1 и ПрМОС2). После потенциометров разницы напряжений поступают на усилители мощности (УМ1 и УМ2), а уже после них на исполнительные механизмы (ИМ1 и ИМ2) – электродвигатели. С электродвигателей сигналы подаются на преобразователи (ПрМОС1 и ПрМОС2), находящиеся на платах управления, и на регулирующие органы управления (Р1 и Р2) - редукторы. Выходные валы редукторов изменяют своё положение, тем самым изменяя положение солнечных панелей (О1 и О2).

2.2 Электроприводы

Для регулирования положения подставок для солнечных панелей нужны электроприводы. Один из двигателей отвечает за изменение положения подставок вокруг оси X, а другой за изменение положения подставок вокруг оси Y.

В качестве электроприводов были выбраны сервоприводы с отрицательной обратной связью. Данные приводы позволят с высокой точностью управлять положением солнечных панелей.

Устройство сервопривода представлено на рисунке 13.

Привод — электромотор с редуктором. Чтобы преобразовать электрическую энергию в механическую энергию, необходим электромотор. Однако скорость вращения мотора бывает слишком большой для практического использования. Для понижения скорости

используется редуктор: механизм из шестерней, передающий и преобразующий крутящий момент [2].



Рисунок 13 – Устройство сервопривода

Сервопривод состоит из следующих частей:

Включая и выключая электромотор, можно вращать выходной вал — конечную шестерню сервопривода. Для того чтобы положение выходного вала контролировалось микроконтроллером, необходим датчик обратной связи — энкодер, который преобразовывает угол поворота выходного вала обратно в электрический сигнал. Для этого используется потенциометр. При повороте бегунка потенциометра происходит изменение его сопротивления, пропорционального углу поворота выходного вала. Таким образом, с помощью потенциометра можно установить текущее положение механизма.

Кроме электромотора, редуктора и потенциометра в сервоприводе имеется электронная составляющая, которая отвечает за приём сигналов с микроконтроллера, считывание значений с потенциометра, включение и выключение сервомотора.

Для того чтобы сервопривод изменял угол поворота выходного вала, необходимо посылать управляющий сигнал. Управляющий сигнал — импульсы постоянной частоты и переменной ширины [2].

Величина поворота угла выходного вала зависит от длительности импульса. Когда управляющий сигнал с микроконтроллера поступает на плату управления, имеющийся в ней генератор импульсов производит свой импульс,

длительность которого определяется через потенциометр. Другая часть схемы сравнивает длительность этих импульсов между собой. Если длительность различна, включается сервомотор. Направление вращения сервомотора определяется, так же, сравнением длин импульсов.

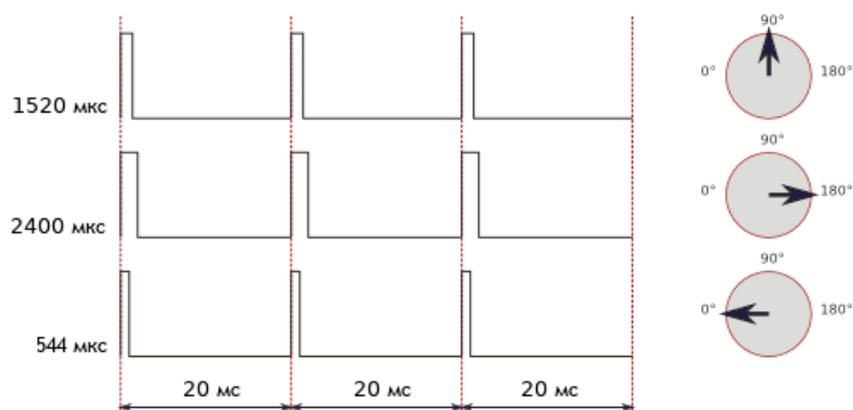
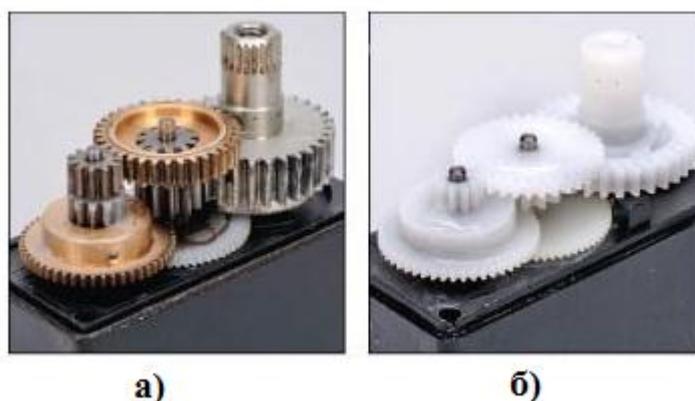


Рисунок 14 - Зависимость величины поворота угла выходного вала от длительности импульса

Модели сервоприводов были выбраны исходя из следующих параметров:

- 1) Материал шестерёнок сервоприводов.
- 2) Тип электродвигателей в сервоприводах.



а) металлические шестерёнки; б) пластмассовые шестерёнки

Рисунок 15 – Материалы шестерёнок сервоприводов

Шестерни для сервоприводов изготавливают из пластмассы и металла, рисунок 15. Для небольших сервоприводов, например, для тех, что используются в проекте цена одинаковая для обоих видов приводов. Исходя из

этого, выбранные сервоприводы имеют металлические шестерёнки, так как при частой работе привода пластмассовые шестерни могут достаточно быстро выйти из строя.

Электродвигатели сервоприводов выполняются двух видов: обычные моторы с сердечником и моторы без сердечника. Обычный мотор с сердечником, рисунок 15, б, состоит из плотного железного ротора с проволочной обмоткой и магнитами вокруг него. Ротор имеет несколько секций, поэтому, во время вращения мотора, ротор вызывает небольшие колебания электродвигателя, при прохождении секций мимо магнитов, в результате сервопривод вибрирует и является менее точным, чем сервопривод с мотором без сердечника. Мотор с полым ротором, рисунок 15, а, обладает единым магнитным сердечником с обмоткой в форме цилиндра или колокола вокруг магнита. Благодаря такой конструкции, электродвигатель не имеет секций, что приводит к более ровной работе без вибраций. Но такие моторы стоят намного дороже.



а) без сердечника; б) с сердечником

Рисунок 16 - Моторы сервоприводов

Для управления положением солнечных панелей не требуется высокая точность или стабильность приводов, так как это не повлияет на количество полученной энергии. Поэтому, были приобретены сервоприводы с моторами с сердечниками, так как они дешевле.

Форм-фактор и крутящий момент. Сервоприводы различаются по размерам. И хотя официальной классификации не существует, производители

давно придерживаются нескольких размеров с общепринятым расположением крепёжных элементов. Их можно разделить на три группы:

- 1) Наименьшие сервоприводы по размеру. Вес 8-25 г, размеры 22x15x25 мм. Крутящий момент до 3 кг/см.
- 2) Средние сервоприводы по размеру. Вес 40-80 г, размеры 40x20x37 мм. Крутящий момент до 15 кг/см.
- 3) Наибольшие сервоприводы по размеру. Вес 50-90 г, размеры 49x25x40 мм. Крутящий момент более 15 кг/см [2].

Учитывая вес солнечных панелей и частей платформы, для проекта целесообразно использовать средние сервоприводы по размеру.

Для разрабатываемого устройства были использованы сервоприводы TowerPro mg995, имеющие следующие характеристики:

- 1) Вес 55 г.
- 2) Размер 40x20x43 мм.
- 3) Скорость вращения 0,20 сек/60 г (4,8 В), 0,16 сек/60 г (6 В)
- 4) Угол поворота 180 градусов
- 5) Крутящий момент 8,5 кг/см (4,8 В), 10 кг/см (6 В)
- 6) Шестерёнки из металла
- 7) Рабочее напряжение 4,8 В - 7,2 В.



Рисунок 17 – сервопривод TowerPro mg995

2.3 Микроконтроллер

В качестве микроконтроллера было принято решение использовать аппаратную платформу Arduino UNO. Этот выбор обусловлен функциональностью, доступностью, ценой и простотой работы с данной платформой. Чаще всего данная платформа применяется в учебных целях, но может быть применена для решения задач автоматизированного управления. Внешний вид аппаратной платформы представлен на рисунке ниже.

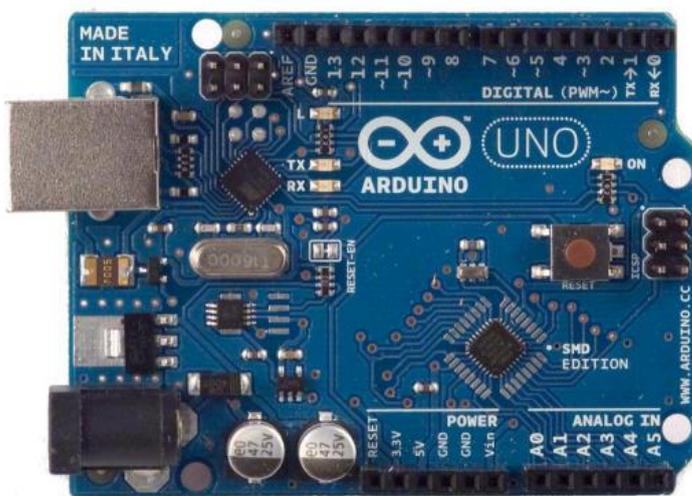


Рисунок 18 - Микроконтроллер Arduino UNO

Данная платформа имеет следующие характеристики:

- 1) микроконтроллер AtMega328;
- 2) рабочее напряжение 5 В;
- 3) рекомендуемое входное напряжение 7-12 В;
- 4) минимальное входное напряжение 6 В;
- 5) максимальное входное напряжение 20 В;
- 6) 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых поддерживают ШИМ;
- 7) 6 аналоговых входов;
- 8) выходной ток до 40 мА;
- 9) 32 Кб flash-памяти, 0,5 Кб из которых заняты встроенным загрузчиком;
- 10) 2 Килобайта оперативной памяти;
- 11) частота встроенного тактового генератора 16 МГц [3].

Каждый цифровой вывод может быть назначен как выход или вход с помощью встроенных программных функций `pinMode ()`, `digitalRead ()`, `digitalWrite ()`. Используя функцию `digitalWrite ()`, выводы 3, 5, 6, 9, 10, 11 могут обеспечить ШИМ с разрешением 8 бит.

В платформу встроен загрузчик, который позволяет программировать микроконтроллер без использования сторонних программаторов. Программирование происходит в среде разработки Arduino, которая состоит из встроенного текстового редактора, окна вывода текста, области сообщений, панели инструментов, содержащей кнопки часто используемых команд и ряд меню. Язык программирования основан на языках C и C++. Связь с компьютером осуществляется посредством USB через COM порт.

2.4 Фоточувствительные элементы

Для непрерывного автоматического слежения фотоэлектрических модулей за солнцем в системе нужны светочувствительные датчики – фоточувствительные элементы.

Фоточувствительные элементы – это полупроводниковые компоненты, которые преобразовывают энергию света в электрическую энергию. Фотоэлектронные преобразователи делятся на компоненты с внутренним и внешним фотоэффектом. Внешним фотоэффектом называется перераспределение электронов по энергетическим состояниям в полупроводниках и диэлектриках под действием света. Внутренним фотоэффектом называется перераспределение электронов по энергетическим состояниям в твёрдых и жидких полупроводниках и диэлектриках, происходящее под действием излучений. Он проявляется в изменении концентрации носителей зарядов в среде и приводит к возникновению фотопроводимости [4]. Именно компоненты с внутренним фотоэффектом и требуются для реализации проекта. Из существующих фоточувствительных элементов для бюджетных датчиков света подходят три типа: фототранзисторы, фотодиоды и фоторезисторы.

Фототранзисторы, обладают усилительными устройствами, за счет возрастания коллекторного тока при облучении энергией света кристалла транзистора. Фототранзисторы, как правило, обладают высокой чувствительностью, быстрой реакцией на изменение освещенности, и не высокой ценой. Фототранзисторы применяются в автоматических, считывающих и измерительных устройствах.

Фотодиод. При обратном включении (на катод подается «плюс» источника питания) фотодиод ведет себя так же, как фоторезистор, но в отличие от последнего имеет гораздо более низкое световое сопротивление. Это позволяет управлять мощными транзисторами и ТТЛ микросхемами напрямую, без дополнительных усилителей.

Еще одно достоинство фотодиода – достаточно высокая скорость реакции, благодаря чему эти приборы широко используются для передачи цифровой информации. Компьютерная ИК-связь, пульты ДУ для радио – и

телеаппаратуры – везде применяются фотодиоды. По диапазону чувствительности фотодиоды различают на инфракрасные и приборы видимого излучения. Первые «видят» в основном ИК-излучение и мало чувствительны к видимому участку излучения, вторые наоборот – хорошо видят тот свет, который видит и наш глаз, но низко чувствительны в ИК-диапазоне.

Фоторезисторы обладают свойством изменения своего сопротивления под воздействием светового потока в достаточно широком диапазоне. Основными параметрами фоторезистора являются его теневое и световое сопротивления, рабочее напряжение, общий ток и фототок, обусловленный воздействием света. Фоторезисторы широко применяются в промышленных системах автоматизированных линий, а также, в качестве датчиков света, они имеют наименьшие размеры по сравнению с фотодиодами или фототранзисторами, самую низкую цену и наилучшую устойчивость к внешним факторам из всех фоточувствительных элементов.

Недостатки фоторезисторов, следующие: достаточно высокие сопротивления (как темное, так и световое), с которыми не всегда удобно работать. Следующий недостаток – достаточно низкая чувствительность света.

Главные приоритеты при создании прототипа – размер и цена. Скорость реакции на солнечный свет и точность измерений не скажется на количестве преобразованной энергии. Таким образом, были выбраны фоторезисторы АМР-Х016, показанные на рисунке 19.

Данные фоторезисторы имеют следующие характеристики:

- 1) Теневое сопротивление 500 кОм;
- 2) Сопротивление при 10 люкс: (24 ± 2) кОм



Рисунок 19 - Фоторезистор АМР-Х016

2.5 Солнечные панели

Выбор солнечных панелей является одним из самых важных, при проектировании мобильной САУ положением солнечных панелей, так как вырабатываемая мощность напрямую зависит от этого.

Существует два типа солнечных панелей - монокристаллические и поликристаллические.

Главное отличие — это эффективность преобразования солнечной энергии. Монокристаллические элементы и соответственно панели на их основе имеют на сегодняшний день наивысшую эффективность — до 22 % среди серийно выпускаемых моделей и до 38 % у моделей, используемых в космической отрасли. Монокристаллический кремний производится из сырья высокой степени очистки [5].

Серийно выпускаемые поликристаллические элементы имеют эффективность до 18 %. Более низкая эффективность связана с тем, что при производстве поликристаллического кремния используют не только первичный кремний высокой степени очистки, но и вторичное сырье (например, переработанные солнечные панели или кремниевые отходы металлургической промышленности). Это приводит к появлению различных дефектов в поликристаллических элементах, таких как границы кристаллов, микродефекты, примеси углерода и кислорода [5].

Таким образом, если место для установки панелей не ограничено размерами, поликристаллические элементы более рациональны для использования, ввиду своей низкой цены. Для разрабатываемого устройства, большой размер солнечных панелей сильно повлияет на его мобильность, следовательно, были выбраны монокристаллические панели.

Следующий критерий выбора, это выходное напряжение и сила тока у солнечных панелей. Напряжение должно быть выше требуемого входного напряжения power-bank, а именно выше 5 вольт. Сила тока должна быть как можно больше, но не более 1,5 А/час, так как, используемый power-bank, имеет ограничитель на это входное значение.

Проанализировав ассортимент доступных солнечных панелей на рынке, были приобретены солнечные панели, в количестве двух штук, со следующими характеристиками:

- 1) Выходное напряжение 6 В.
- 2) Максимальная сила тока в солнечный день при прямых солнечных лучах 583 мА/ч.
- 3) Размеры 165x135 мм.

Панели представлены на рисунке 20.



Рисунок 20 - Поликристаллические солнечные панели, используемые в проекте

3 Проектирование сау положения солнечных панелей

3.1 Разработка чертежей и создание 3d моделей

В роли материала для платформы был выбран пластик АБС. Данный полимер характеризуется высокой температурой плавления, высокой ударопрочностью, сравнительно низким весом и низкой ценой, что делает его идеальным кандидатом для создания платформы, к которой крепятся все элементы системы автоматического регулирования (рисунок 10). Так же, благодаря современным 3D принтерам можно напечатать из АБС пластика изделие нужной формы, предварительно нарисовав его в графическом редакторе.

Платформа состоит из 6 деталей, которые условно были названы:

- 1) Корпус
- 2) Солнцезащитный экран для power-bank
- 3) Солнцезащитный экран для макетной платы и микроконтроллера
- 4) Платформа для первого сервопривода
- 5) Платформа для второго сервопривода
- 6) Подставка для солнечных панелей

Для каждой из деталей был разработан чертёж и по нему построена 3d модель в программном обеспечении Autodesk Inventor.

3.1.1 Корпус

Данная деталь является самой габаритной в системе, её основная задача – стать опорой для одной платформы, солнцезащитных экранов, power-bank, микроконтроллера и макетной платы. Так же эта деталь служит для опоры на поверхность.

3d модель корпуса представлена в двух видах на рисунке 21.

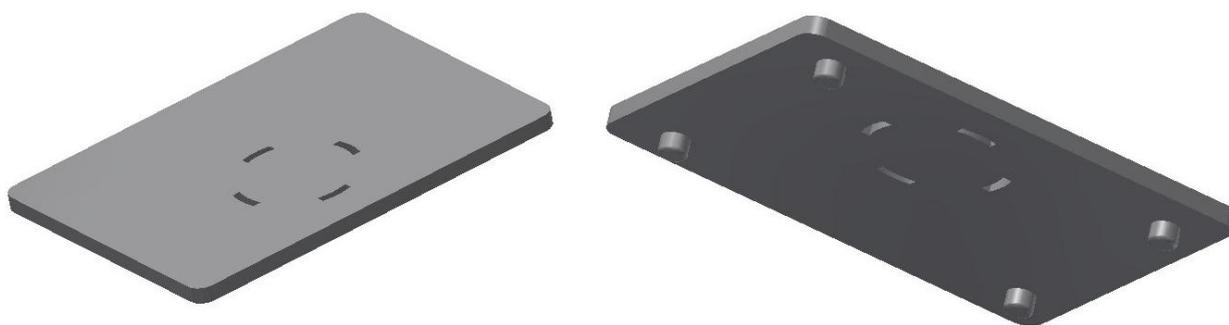


Рисунок 21 - 3д модель корпуса

3.1.2 Солнцезащитный экран для power-bank

Ввиду того, что система будет находиться на солнце, важно защитить от перегрева power-bank, так как при нагреве аккумуляторных литий-ионных батарей изменяются их характеристики и батареи могут выйти из строя. Для защиты power-bank был разработан солнцезащитный экран.

3д модель солнцезащитного экрана для power-bank представлена на рисунке 22.

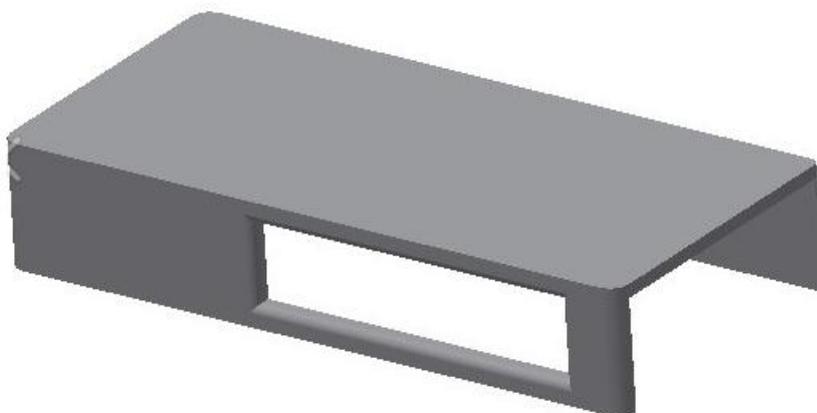


Рисунок 22 - 3д модель солнцезащитного экрана для power-bank

3.1.3 Солнцезащитный экран для макетной платы и микроконтроллера

Помимо защиты power-bank от перегрева так же необходимо было защитить и макетную плату с микроконтроллером, для этой цели был разработан солнцезащитный экран для макетной платы и микроконтроллера.

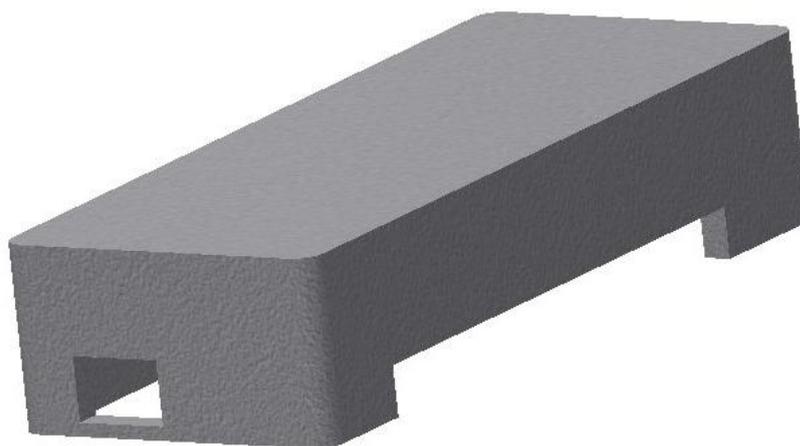


Рисунок 23 - 3д модель солнцезащитного экрана для макетной платы и микроконтроллера

3.1.4 Платформа для первого сервопривода

Данная платформа служит для крепления первого сервопривода, который вращает подставку вокруг оси Y (рисунок 8). Эта платформа соединяется с корпусом, с помощью, созданных в нём углублений. 3д модель платформы для первого сервопривода изображена на рисунке 24.

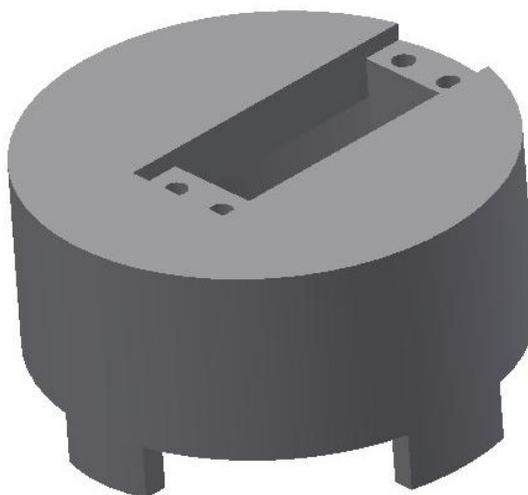


Рисунок 24 - 3д модель платформы для первого сервопривода

3.1.5 Платформа для второго сервопривода

Данная платформа служит для крепления второго сервопривода, который вращает подставку вокруг оси X (рисунок 8). Эта платформа соединяется с

винтом первого сервопривода и вращается вокруг оси Y (рисунок 3). 3д модель платформы для второго сервопривода изображена на рисунке 25.

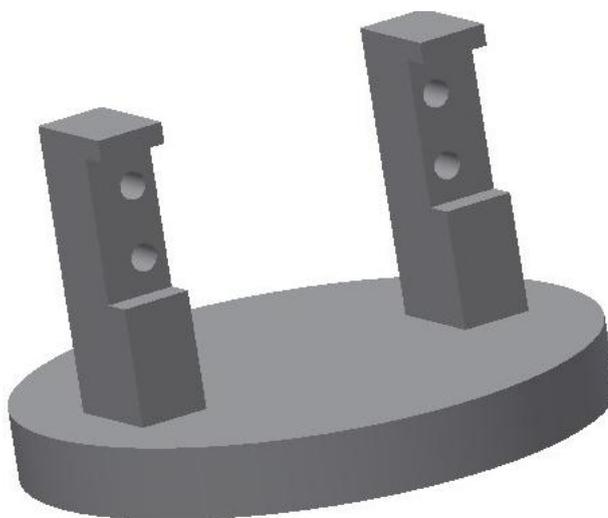


Рисунок 25 - 3д модель платформы для второго сервопривода

3.1.6 Подставка для солнечных панелей

Подставка служит для крепления солнечных панелей и крепится к винту второго сервопривода, таким образом, деталь вращается вокруг двух осей: X и Y (рисунок 8).

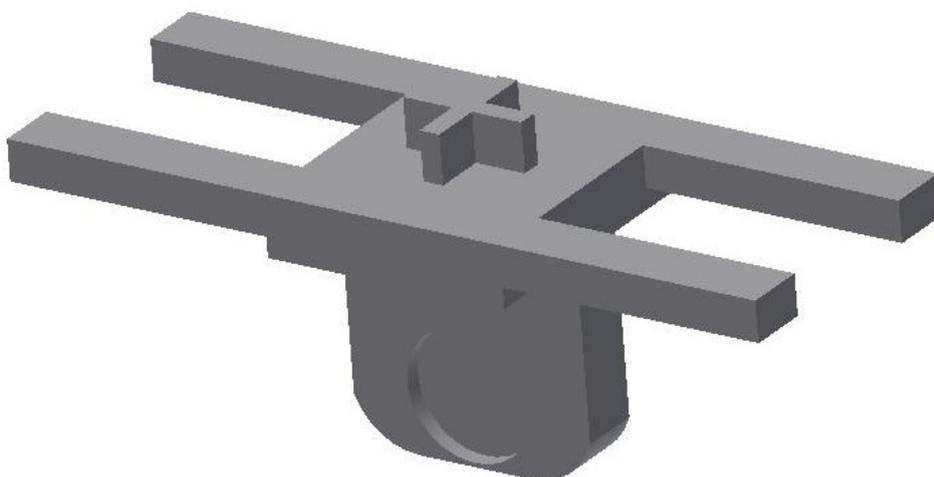


Рисунок 26 – 3д модель подставки для солнечных панелей

3.2 Разработка электрической схемы

Для электрической схемы потребовались следующие элементы:

- 1) Макетная плата

- 2) Фоторезисторы АМР-Х016 4 штуки
- 3) Резисторы 4 штуки
- 4) Соединительные провода

Подключение светочувствительных элементов осуществляется по схеме делителя напряжения, в которой участвуют резисторы с номинальным сопротивлением 10 кОм.

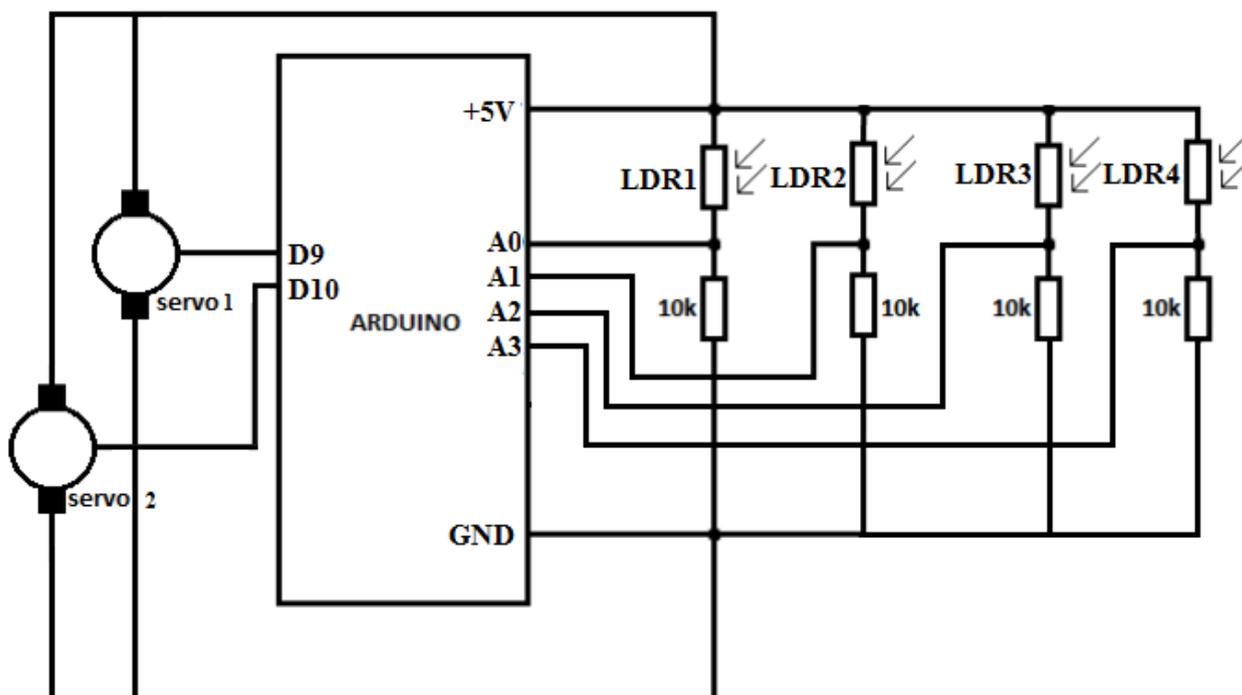


Рисунок 27 - Электрическая схема

В данной схеме аналоговые входы А0, А1, А2, А3 отвечают за считывание показаний с фоторезисторов. Далее, исходя из полученных значений по цифровым выходам D9, D10, микроконтроллер выполняет алгоритм их обработки, в ходе которой определяется нужная величина длительности импульса, которая будет отправлена на электронную плату сервопривода.

3.3 Алгоритм работы программы

Общий алгоритм работы заключается в обработке данных с фоторезисторов при помощи АЦП. Имея первичные показания, программа рассчитывает средние арифметические значения показаний каждой пары соседних фоторезисторов. Если разница по модулю между средними значениями левой и правой стороны подставки для солнечных панелей больше установленного программного порога, то осуществляется поворот в сторону с большим средним значением, путём отправки импульса на управляющую плату сервопривода. Аналогично для верхней и нижней стороны подставки. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 28. Исходный код разработанной программы представлен в приложении А.

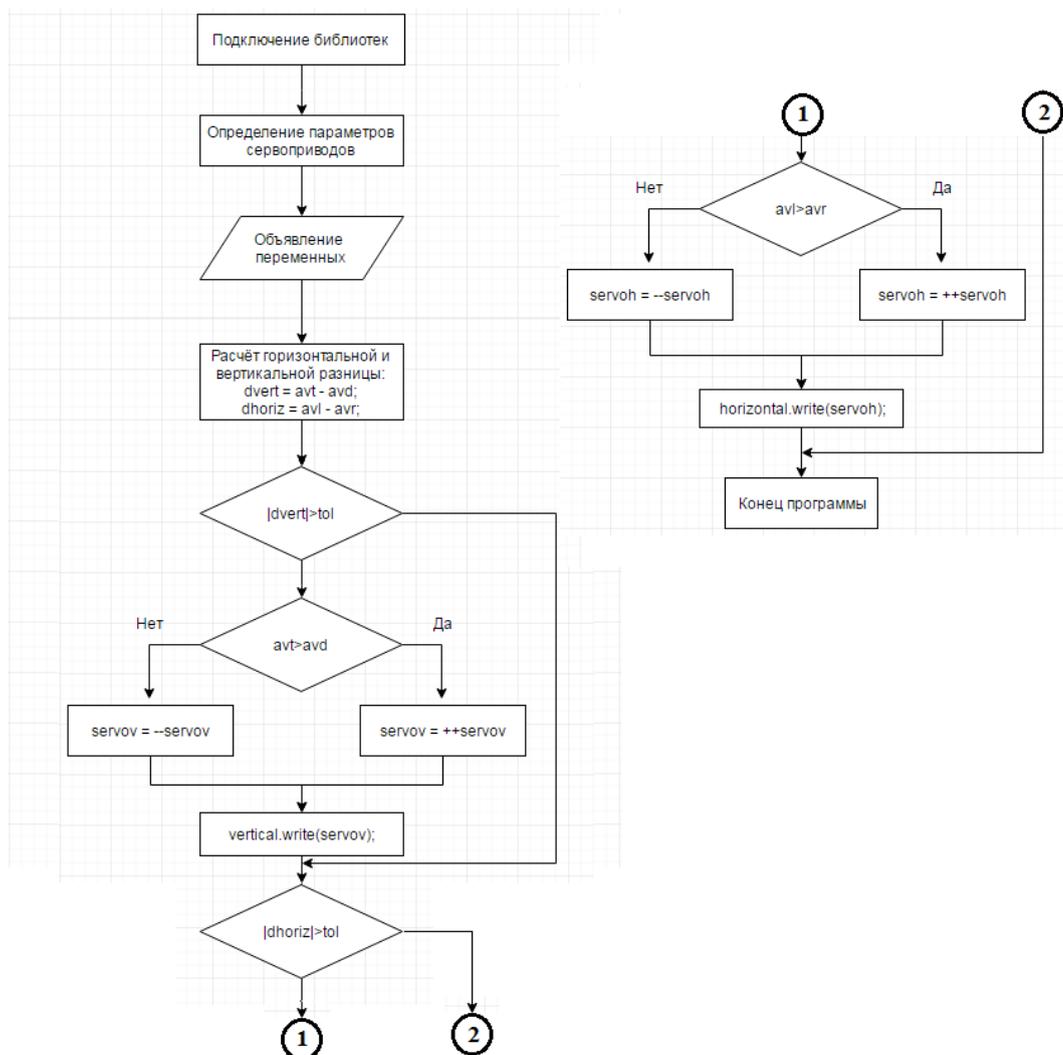


Рисунок 28 – Блок – схема алгоритма работы программы

3.4 Управление с помощью Android устройства по Bluetooth

В разработанном прототипе используются аккумуляторные батареи типа 18650 Samsung 30Q 2800 mAh. Напряжение такого заряженного аккумулятора 4,15 вольта, а минимальное напряжение, при котором аккумулятор не потеряет свои свойства – 3,0 вольта.

Для построения графика зависимости напряжения аккумулятора от уровня заряда был использован специальный тестер KCX-017, изображённый на рисунке 29.



Рисунок 29 – Тестер для измерения уровня остаточной ёмкости аккумулятора

Для измерения уровня заряда тестер подключается к power-bank, посредством USB кабеля, который у него встроен в корпус с одной стороны, а с другой стороны тестер имеет USB вход для подключения нагрузки. После подключения power-bank на экране отображается вся необходимая информация: напряжение, сила тока, объём переданного заряда. Тестер имеет кнопку для записи текущих показаний во встроенную память. Работает данная функция по следующему принципу – короткими нажатиями на кнопку можно

листать показания сохраненных замеров, активировать просмотр ячеек можно одним двойным нажатием, а сбросить одним долгим нажатием кнопки.



Рисунок 30 – Отображение показаний на дисплее тестера

Для аккумулятора Samsung 30Q 2800 mAh график соотношения напряжения и уровня заряда без нагрузки на аккумулятор изображен ниже.

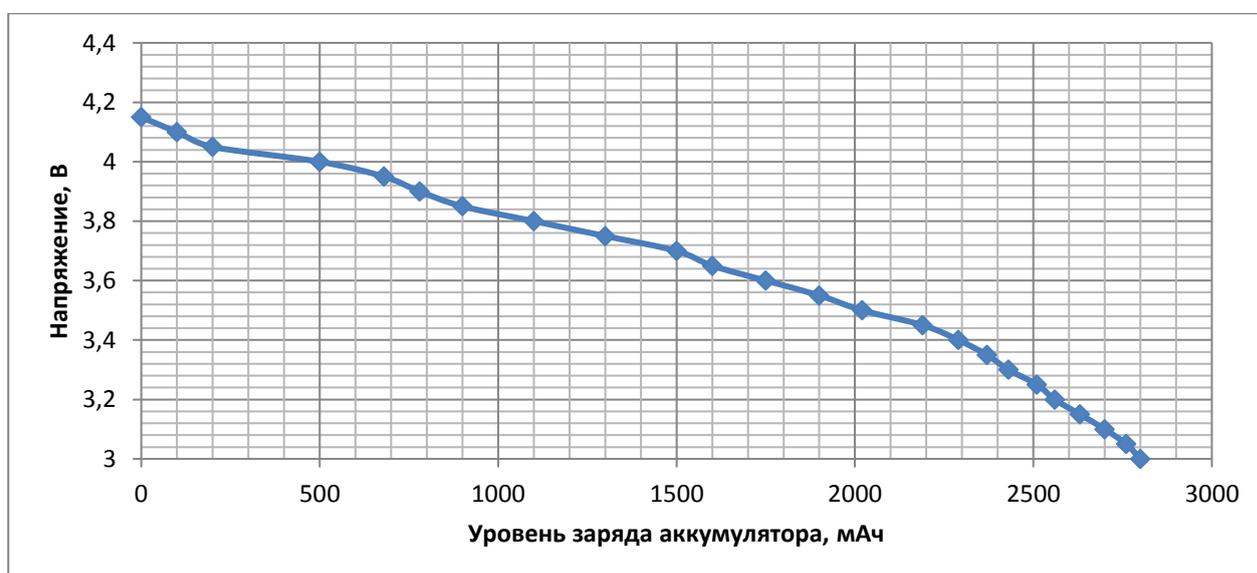


Рисунок 31 – График соотношения напряжения и уровня заряда аккумулятора

Для того чтобы измерить остаточный заряд аккумулятора достаточно измерить его мгновенное напряжение.

Для того чтобы измерить уровень заряда аккумулятора с помощью Arduino, нужно воспользоваться опорным напряжением микроконтроллера и сравнивать его с напряжением источника питания. Но напряжение опорного питания составляет 1,1 вольт, а максимальное напряжение 18650 — 4,15 вольт. Поэтому в схему требуется добавить делитель напряжения.

Так же, в электрическую схему добавляется Bluetooth модуль – HC 06. Данный модуль нужен для обеспечения обмена информацией между android – устройством и системой автоматического регулирования положением солнечных панелей. По беспроводной сети передаётся информация о заряде аккумуляторной батареи, а также передаются сигналы на включение и выключение устройства.

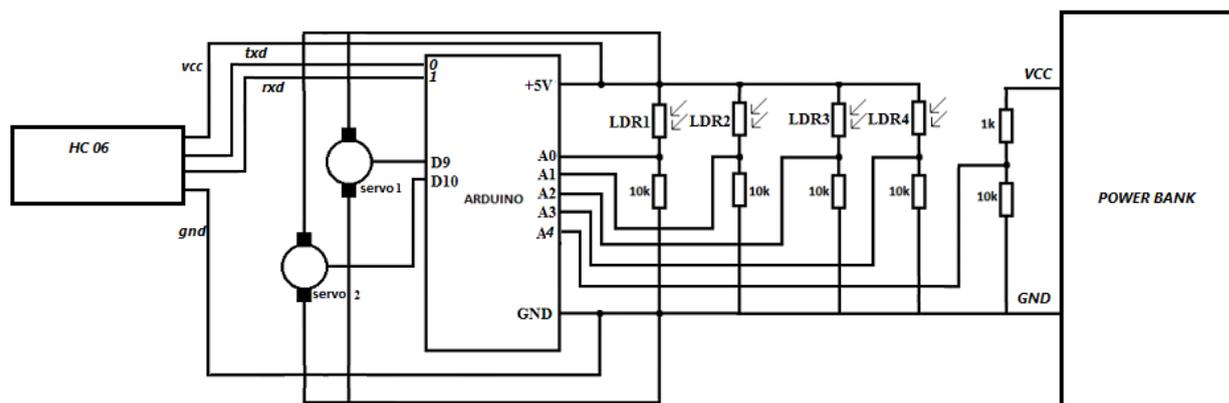


Рисунок 32 – Электрическая схема устройства

Программный код представлен в приложении Б.

Далее, было разработано визуальное представление для программного обеспечения android устройства. Рисунок 33.

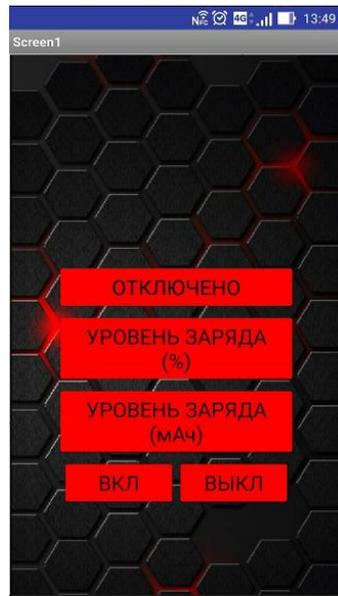


Рисунок 33 – Визуальное представление на android устройстве

После разработки визуального представления была написана программа на языке FBD для android устройства в программном обеспечении App Inventor. Программа представлена на рисунке 34.

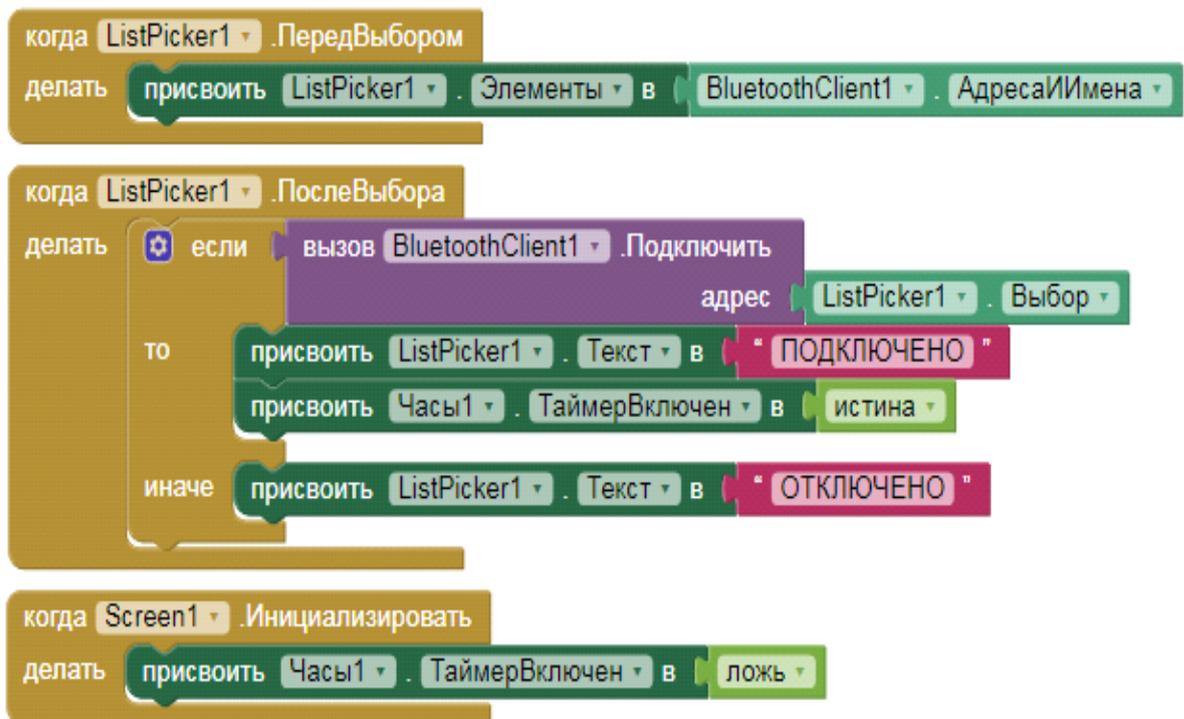


Рисунок 35 – Программа управлением AtMega328 через android устройство,
первая часть

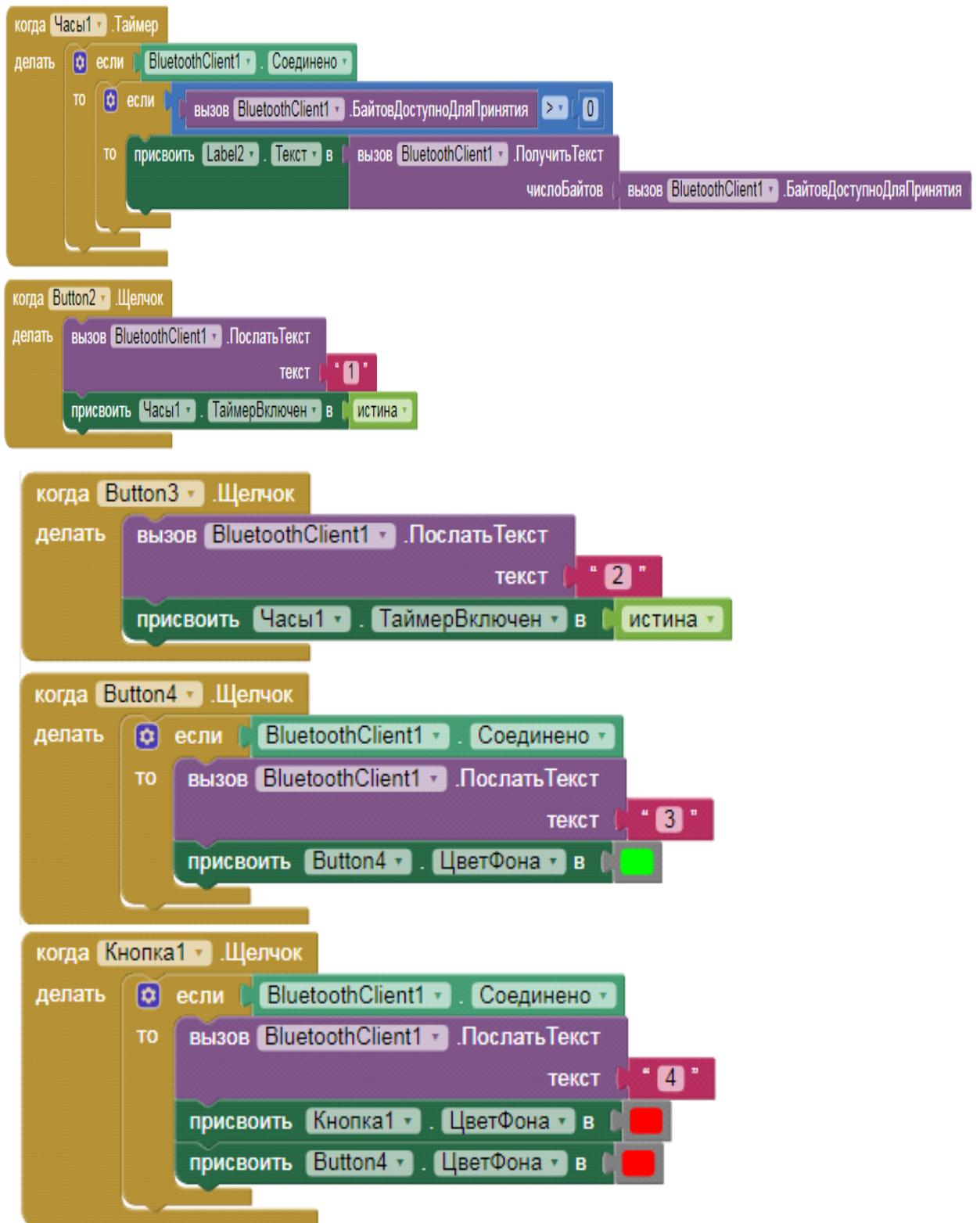


Рисунок 36 – Программа управлением AtMega328 через android устройство,
 вторая часть

3.5 Сборка устройства

Первоначально, на основании разработанной 3д модели прототипа устройства (рисунок 10), сервоприводы были установлены на свои места, крепеж сервоприводов производился двумя саморезами с размерами 3x15 миллиметров каждый, далее была собрана платформа, кроме солнцезащитных экранов, части платформы соединялись между собой с помощью соединения выступов с углублениями для них.

По электрической схеме были произведены установки всех требуемых электронных компонентов и произведена пайка их ножек на макетной плате. После крепления ножек, плата устанавливается на корпус платформы с помощью четырёх саморезов с размерами 3x12 миллиметров каждый. Так же, закрепили саморезами аппаратную платформу Arduino Uno на корпусе.

На следующем этапе сборки устанавливаются солнечные панели на подставку, для этого их просто кладём на подставку и выходящий провод соединяем с power-bank, который в свою очередь кладём на корпус платформы. Сила тяжести позволяет солнечным панелям оставаться неподвижными во время движения подставки.

Далее были установлены солнцезащитные экраны с помощью клеевого соединения с корпусом платформы.

В итоге была собрана мобильная система автоматического управления положением солнечных панелей, внешний вид которой представлен на рисунках ниже.



Рисунок 37 - Установка. Вид спереди

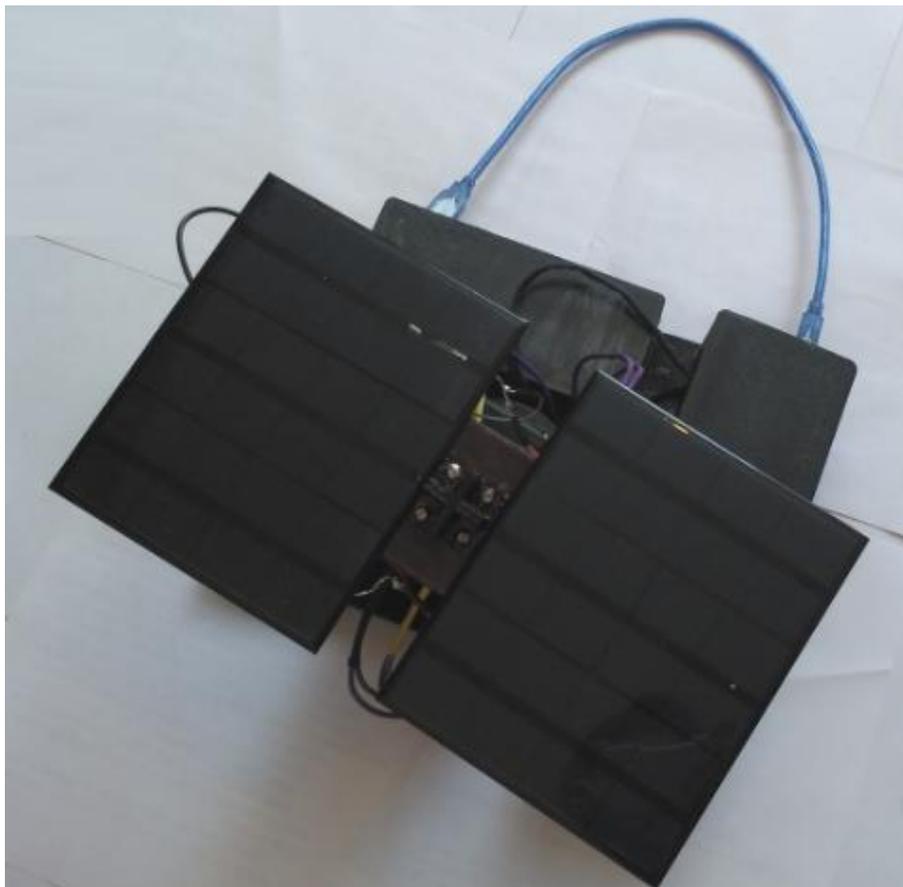


Рисунок 38 - Установка вид сверху

4 Тестирование мобильного источника питания на солнечных батареях

4.1 Необходимость тестирования мобильного источника

В течение года продолжительность светового дня, например, в Сибири, меняется, особенно это заметно в зимнее время года, когда продолжительность светового дня не достигает и 7 часов в определённые дни. Так же, в течение года изменяется угол падения солнечных лучей. Максимальный угол падения солнечных лучей в Томске в день зимнего солнцестояния – 10 градусов, в день летнего солнцестояния 56 градусов. Отсюда возникает задача определения эффективности разработанной установки.

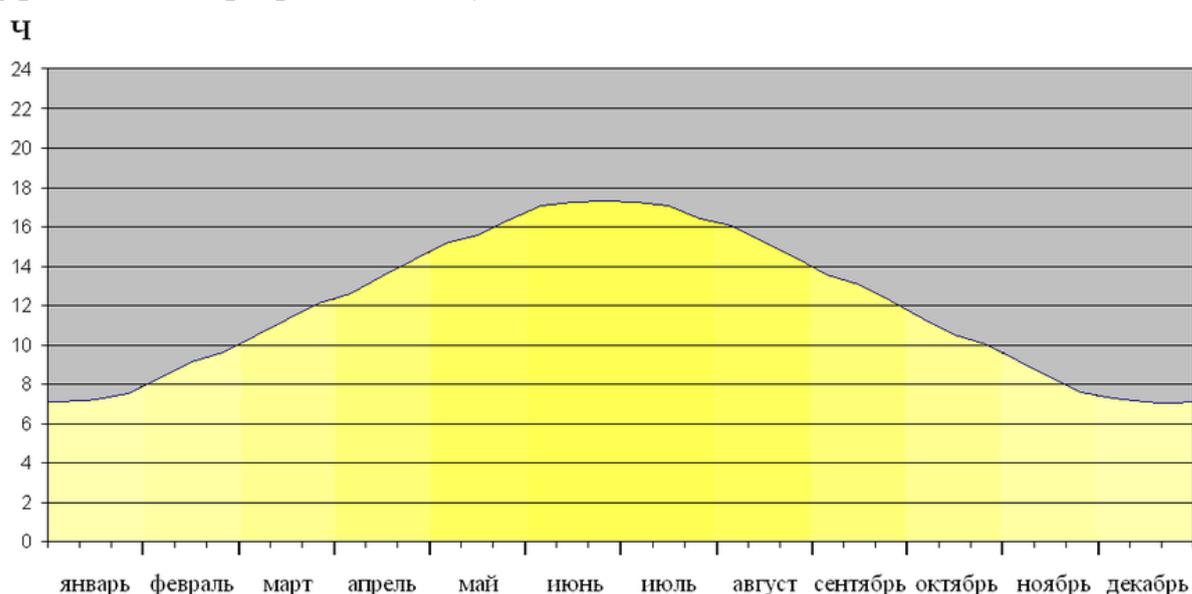


Рисунок 39 – Длина светового дня в течение года в Томске

4.2 Измерение количества преобразованной энергии

Для преобразования солнечной энергии в электроэнергию были установлены на устройство две поликристаллические солнечные панели.

Для измерения количества энергии, полученной аккумулятором, был использован тестер KW201. Данное устройство позволяет измерить количество накопленной энергии в аккумуляторе, изображено на рисунке 39.



Рисунок 40 - USB Тестер

Каждую неделю в один из безоблачных дней, начиная с 1 сентября 2017 года по 17 декабря 2017 года, были сделаны измерения количества преобразованной солнечной энергии. Результаты измерений можно увидеть в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимости полученной энергии от дня

Неделя, 2018 год	Среднее длительность светового дня, ч.	Количество полученной электроэнергии, мА/ч.
01.09 - 03.09	13,54	6095
04.09 – 10.09	13,12	5900
11.09 – 17.09	12,39	5500
18.09 – 24.09	12,06	5400
25.09 – 01.10	12,02	5409
02.10 – 08.10	11	4950
09.10 – 15.10	10,32	4640
16.10 – 22.10	9,55	4290
23.10 – 29.10	9,24	4160
30.10 – 05.11	8,53	3840
06.11 – 12.11	8,24	3710
13.11 – 19.11	7,57	3405
20.11 – 26.11	7,33	3295
27.11 – 03.12	7,13	3208

Продолжение таблицы 3 - Зависимости полученной энергии от дня

04.12 – 10.12	6,59	2965
11.12 – 17.12	6,51	2930

По полученным результатам был построен график зависимости количества преобразованной энергии от дня выбранного промежутка года, рисунок 41.

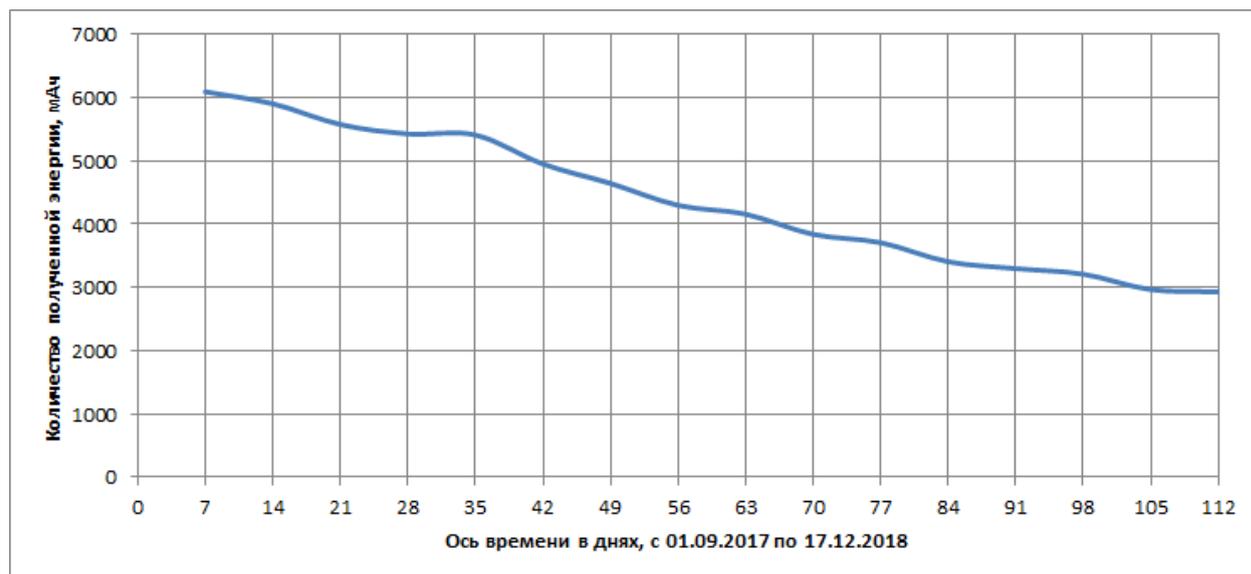


Рисунок 41 - График зависимости количества полученной энергии от времени

График зависимости количества полученной энергии от времени показывает, что количество преобразованной энергии действительно сильно различается в разное время года, таким образом, в начале осени количество преобразованной энергии приблизительно равно 6 ампер часам, а в середине декабря количество преобразованной энергии приблизительно равно 3 ампер часам, что в два раза меньше.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка мобильной САУ положением солнечных панелей.

Реализация поставленной цели позволит достичь положительного экономического эффекта, а именно полученной солнечной энергии с помощью, разработанной САУ будет больше, чем количество полученной солнечной энергии тех же самых солнечных панелей, которые находятся в статичном режиме.

К задачам раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно отнести следующее:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала;
- обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерного решения;
- анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению;
- расчет технико-экономического эффекта.

Конечным продуктом является мобильное устройство по преобразованию солнечной энергии в электрическую энергию с помощью солнечных панелей. Солнечные панели в свою очередь в течение всего процесса преобразования энергии управляются микроконтроллером и направлены в сторону солнца.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются физические лица.

Целевым рынком выполненной работы являются физические лица, которые проводят часть свободного времени на природе; ходят в туристические походы; проводят время в условиях отсутствия электроэнергии.

Аналогов мобильных устройств, действительно позволяющих заряжать различные устройства за короткие сроки с помощью солнечной энергии, на данный момент нет. Но появление похожих устройств на рынке лишь вопрос времени. Для разработанного устройства основные сегменты рынка: цена; компактность; вес; износостойкость корпуса и отдельных элементов устройства; количество энергии, затрачиваемой на работу контроллера и сервоприводов.

Основные сегменты, которым нужно уделить внимание и в будущем совершенствовать устройство, опираясь на них это: компактность и цена.

Таблица 4 – Сегментирование рынка

		Виды предоставленных услуг			
		Зарядка телефона	Зарядка навигатора	Зарядка ноутбука	Зарядка планшета
Потребители	Туристы				
	Рыболовы				
	Дачники				

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Солнечная энергетика является одним из перспективных направлений с точки зрения возобновляемой энергетике, но помимо неё так же ведутся исследования и ветряной энергии. Она основана на непосредственном

использовании ветра для разгона вращения турбины, которая вырабатывает электроэнергию. В наше время уже есть компания, которая предлагает на рынке портативные ветрогенераторы с 2016 года, из ряда моделей есть такая модель, которую можно взять в рюкзак и пойти с ней в поход, данная модель является альтернативой разработанному устройству и носит название Trinity 50 [6].

С помощью оценочной карты проведем анализ технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. САУ положения солнечных панелей – B_{ϕ} , K_{ϕ} ; портативный ветрогенератор Trinity 50 – $B_{к1}$, $K_{к1}$.

Таблица 5 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$B_{к1}$	B_{ϕ}	$K_{к1}$	K_{ϕ}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Компактность устройства	0,15	5	3	0,75	0,45
2.Повышение производительности	0,07	3	5	0,21	0,35
3.Уровень шума	0,05	2	5	0,1	0,25
4.Безопасность	0,02	5	5	0,1	0,1
5.Функциональная мощность	0,25	4	4	1	1
6.Простота эксплуатации	0,06	5	3	0,3	0,18
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,25	1	5	0,25	1,25
2.Срок эксплуатации	0,06	4	3	0,28	0,18

3.Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	0,2	0,16
-------------------------------	------	---	---	-----	------

Продолжение таблицы 5 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

4.Финансирование научной разработки	0,05	3	4	0,15	0,2
Итого:	1	37	41	3,34	4,12

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 2, подбирались, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Позиция разработки и конкурентов оценивалась по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 4,12 \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Согласно оценочной карте, можно выявить следующие конкурентные преимущества: цена, повышение производительности, уровень шума.

5.2 Технология QuaD

Для упрощения процедуры проведения QuaD, проведем её в табличной форме (таблица 6).

Таблица 6 – оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Компактность устройства	0,15	60	100	0,6	9
Повышение производительности	0,07	92	100	0,92	6,44
Уровень шума	0,05	98	100	0,98	4,9
Безопасность	0,02	98	100	0,98	1,96
Функциональная мощность	0,25	81	100	0,81	20,25
Простота эксплуатации	0,06	65	100	0,65	3,9
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,25	90	100	0,9	22,5
Срок эксплуатации	0,06	62	100	0,62	3,72
Послепродажное обслуживание	0,04	75	100	0,75	3
Финансирование научной разработки	0,05	83	100	0,83	4,15
Итого:	1				79,82

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i \quad (2)$$

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i – го показателя.

Полученное значение позволяет говорить о том, что перспективность разработки выше среднего.

5.3 SWOT – анализ

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

Первый этап - описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны:

- С1. Низкая стоимость производства;
- С2. Экологичность технологии;
- С3. Активное исследование получения солнечной энергии;
- С4. Широкий спектр возможностей по улучшению установки.

Слабые стороны:

- Сл1. Большой вес прототипа
- Сл2. Низкая эффективность солнечных панелей
- Сл3. Низкая компактность прототипа;
- Сл4. Низкая надежность прототипа.

Возможности:

В1. Активные исследования солнечной энергетики;

В2. Уменьшение стоимости солнечных панелей;

В3. Уменьшение размера и цены аккумуляторов.

Угрозы:

У1. Развитие конкурентных альтернативных технических решений;

У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;

У3. Большой срок поставки материалов;

У4. Отсутствие интереса у потребителей.

Второй этап - выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта возможности – сильные и слабые стороны

		Сильные стороны				Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности	В1	+	+	-	+	+	+	+	-
	В2	+	+	+	+	+	+	+	-
	В3	-	+	-	+	+	-	-	+
	В4	+	-	+	-	+	-	-	+

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта угрозы – сильные и слабые стороны

		Сильные стороны				Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы	У1	-	+	-	+	+	+	+	-
	У2	+	+	+	+	+	+	-	+
	У3	-	+	-	+	+	-	+	+

	У4	+	-	+	-	+	-	-	-
--	-----------	---	---	---	---	---	---	---	---

Третий этап - составление итоговой матрицы SWOT-анализа.

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Низкая стоимость производства;</p> <p>С2. Экологичность технологии;</p> <p>С3. Активное исследование получения солнечной энергии;</p> <p>С4. Широкий спектр возможностей по улучшению установки.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большой вес прототипа</p> <p>Сл2. Низкая эффективность солнечных панелей</p> <p>Сл3. Низкая компактность прототипа;</p> <p>Сл4. Низкая надежность прототипа.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Активные исследования солнечной энергетики;</p> <p>В2. Уменьшение стоимости солнечных панелей;</p>	<p>1) Маркетинговые мероприятия по доведению конечного товара до потребителя</p> <p>2) Увеличение конкурентоспособности путём уменьшения цены</p>	<p>1) Приобретение новых более легких солнечных панелей</p> <p>2) Поиск поставщиков солнечных</p>

В3. Уменьшение размера и цены аккумуляторов.		панелей, с большим КПД
--	--	------------------------

Продолжение таблицы 9 - Итоговая матрица SWOT – анализа

Угрозы: У1. Развитие конкурентных альтернативных технических решений; У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Большой срок поставки материалов; У4. Отсутствие интереса у потребителей.	1) Поиск новых поставщиков 2) Анализ альтернативных технических решений для определения слабых сторон	1) Сегментирование рынка для определения аудитории. Фокусирование исследований на улучшение наиболее интересных характеристик устройства для определившейся аудитории
---	--	--

5.4 Определение возможных альтернатив научных исследований

Определение возможных альтернатив разработанному устройству произведено по морфологическому подходу. Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные

варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Морфологическая матрица для разработанного устройства предоставлена в таблице 10.

Таблица 10 – Морфологическая матрица для САУ положения солнечных панелей

	1	2	3
А) Аппаратная платформа	Arduino UNO	Arduino Mega	Raspberry PI
Б) Датчики	Фоторезисторы	Фотодиоды	Фототранзисторы
В) Солнечные панели	Монокристаллические	Поликристаллические	Гибкие солнечные панели
Г) Двигатели	Сервоприводы с железными шестерёнками	Сервоприводы с пластиковыми шестерёнками	Шаговые двигатели

Возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения: А1Б1В1Г3, А2Б1В1Г1 и так далее.

Определимся с аппаратной платформой. Arduino UNO бюджетная компактная платформа, которая имеет хорошие показатели надежности, которая позволяет выполнить задачу любой сложности для данного исследовательского проекта. Arduino Mega более дорогая платформа, которая позволяет решать большее количество задач, большинство из которых не пригодятся в исследовательском проекте, помимо этого, Arduino Mega более

габаритная, чем Arduino Uno. Raspberry PI очень дорогая аппаратная платформа которая имеет те же габариты, что и Arduino UNO и позволяет решать больше задач, чем Arduino Mega, которые, так же, не будут применены в проекте. Таким образом, наиболее подходящая платформа – Arduino Uno.

Фотодиоды и фототранзисторы позволяют выполнять достаточно точные расчёты, но цена их выше, чем у фоторезисторов, чья точность меньше. Исходя из того, что в проекте не требуется высокая точность фотоэлементов для определения положения солнца, более целесообразны фоторезисторы, чья цена ниже.

Монокристаллические и поликристаллические имеют разные КПД, а их цена отличается в среднем на 10%, что не существенно, в отличие от КПД солнечных панелей в этом проекте. Гибкие же солнечные панели имеют высокую цену и имеют возможность сгибаться под усилием, не повреждаясь. Гибкость солнечных панелей в проекте не требуется. Исходя из цены панелей и их КПД, наилучшим образом подходят монокристаллические панели.

В исследовательском проекте требуется поворачивать солнечные панели на определенное и точное количество градусов, для решения этой задачи шаговые двигатели не подходят. Сервоприводы с железной шестерёнкой более надёжны в эксплуатации и срок эксплуатации выше, чем у тех же сервоприводов, но с пластиковой шестерёнкой. Исходя из этого, сервоприводы с железной шестерёнкой более рациональны для проекта.

Для поставленной проблемы в проекте, с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения, наилучшее решение – А1Б1В1Г1.

5.5 Планирование научно - исследовательских работ

5.5.1 Структура работ научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ по разработке автоматизированной системы пространственного позиционирования колесного робота организовано в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;

- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения данного научного исследования была сформирована рабочая группа, в состав которой входит научный сотрудник и студент – дипломник. По каждому виду запланированных работ были установлены соответствующие должности исполнителей.

Перечень работ и этапов в рамках проведения научного проекта и распределение исполнителей по видам работ представлены в таблице 11.

Таблица 11 – перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность руководителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Выбор способа решения задачи	Руководитель проекта, инженер
	5	Разработка электрической схемы	Руководитель проекта, инженер

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор компонентов устройства	Руководитель проекта, инженер
--	---	------------------------------	-------------------------------

Продолжение таблицы 11 - перечень этапов, работ и распределение исполнителей

	7	Разработка платформы	Инженер
	8	Сборка устройства	Инженер
	9	Оптимизация аппаратной части	Инженер
	10	Оптимизация программной части	Инженер
	11	Тестирование устройства	Руководитель проекта, инженер
	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель проекта
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель проекта
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчёты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.5.2 Определение трудоёмкости работ

Определение трудоемкости работ каждого из участников исследования может считаться крайне важным моментом, так как трудовые затраты по большей части образуют основную часть стоимости разработки.

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 $t_{ож\ i}$ используется формула (3).

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (3)$$

где $t_{ож\ i}$ – 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.;

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

Для выполнения перечисленных в таблице работ требуются специалисты: студент, научный руководитель. Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, по формуле (4) 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (4)$$

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн.;

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

5.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным построением графика проведения научного исследования является диаграмма Ганта, которая представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датам начала и окончания выполнения научных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (5).

$$T_{ki} = T_{pi}k_{\text{кал}} \quad (5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (6).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (6)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 12.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания) предоставлен в формулах (7), (8), (9) и (10).

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 + 4}{5} = 1.4 \approx 2 \text{ чел. дня}; \quad (7)$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}; \quad (8)$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 4} = 1,22; \quad (9)$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,22 = 2,4 \approx 3 \text{ дня.} \quad (10)$$

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни					
	Руководител	Инженер	Руководител	Инженер	Руководител	Инженер	Руководител	Инженер	Руководител	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Выбор способа решения задачи	3	3	4	4	4	4	4	4	7	7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка электрической схемы	4	4	9	9	6	6	6	6	10	10
Выбор компонентов устройства	4	4	9	6	6	5	6	5	10	8

Разработка платформы		2		4		3		3		5
Сборка устройства		2		4		3		3		5
Оптимизация аппаратной части	3		6		5		5		8	
Оптимизация программной части		4		8		6		6		10
Тестирование устройства	5	5	8	8	7	7	7	7	11	11

Продолжение таблицы 12 - Временные показатели проведения научного исследования

Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

Следующим этапом является построение календарного плана-графика на основании данных в таблице 9. График строится для максимального, по длительности, исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научно-технического исследования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей. Штриховкой для научного руководителя и сплошным цветом для студента. Календарный план-график приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работы	Вид работ	Исполнитель и	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ														
				фев.		март			Апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	11															
3	Выбор способа решения задачи	Руководитель, студент	7															
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7															
5	Разработка электрической схемы	Руководитель, студент	10															
6	Выбор компонентов устройства	Руководитель, студент	8															
7	Разработка платформы	Студент	12															
8	Сборка устройства	Студент	5															
9	Оптимизация аппаратной части	Студент	3															
10	Оптимизация программной части	Студент	10															

- 7) контрагентные расходы;
- 8) накладные расходы.

5.5.5 Расчёт материальных затрат научно-технических исследований

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- 1) приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- 2) 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;
- 3) покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- 4) 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 формуле (11).

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (11)$$

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

$N_{\text{расх } i}$ – 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.

Величина коэффициента k_T , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. В таблице 14 представлены данные о материальных затратах:

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Платформа Arduino UNO	450	1	450
Фоторезистор	45	4	180
Пластик АБС 1 килограмм	1150	0,6	690
Макетная плата	55	1	55

Продолжение таблицы 14 - Материальные затраты

Набор проводов	110	1	110
Power bank	950	1	950
Сервопривод	450	2	450
Итого:			2880

5.5.6 Основная заработная плата исполнительской темы

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 14. При расчете учитывалось, что в 2017 году 299 рабочих дней.

Основная заработная плата сотрудника предприятия рассчитывается по следующей формуле (12).

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} T_p, \quad (12)$$

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

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

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника (руб.).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (13).

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}, \quad (13)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

1. при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
2. при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (примем 299 рабочих дней).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{ок}} \cdot k_p, \quad (14)$$

где $Z_{\text{ок}}$ – оклад (руб.);

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

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{ок}$, руб.	k_p	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{ос}$, руб.
Руководитель проекта к.т.н.	26300	1,3	1189	12	14268
Инженер	17000	1,3	769	88	67672
Итого:					81940

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили 81940 рублей.

5.5.7 Дополнительная заработная плата исполнительской темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (15)$$

Где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12-0,15),
 $Z_{осн}$ - основная заработная плата.

Следовательно,

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 14268 = 1712 \text{ руб. – для НР.}$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 67672 = 8121 \text{ руб. – для И.}$$

Таким образом, получим полную заработную плату сотрудника без вычетов:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (16)$$

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} = 14268 + 1712 = 15980 \text{ руб.} - \text{ для инженера.}$$

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} = 67672 + 8121 = 75793 \text{ руб.} - \text{ для руководителя.}$$

5.5.8 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (17)$$

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 рекомендуется представлять в табличной форме (Таблица 16).

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плат, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$З_{внеб}$, руб.
Руководитель	14268	1712	0,271	4331
Инженер	67672	8121	0,271	20540
Итого:				24871

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды составили 24871 рублей.

5.5.9 Накладные расходы

Прочие 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.

Исследования происходили в интернет-кафе, каждый день с 9.00-17.00. Стоимость одного часа в интернет-кафе 30 рублей. Рабочих дней – 86.

Помимо этого, были потрачены деньги на:

- 5 ручек – 20 рублей каждая;
- Тетрадь 90 листов – 85 рублей;
- Набор простых карандашей 145 рублей;

Следовательно, сумма прочих расходов:

$$Z_{\text{пр}} = 30 \cdot 8 \cdot 86 + 100 + 85 + 145 = 20970 \text{ руб.}$$

5.5.10 Формирование бюджета затрат НИИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб. (1 исп.)	Сумма, руб. (2 исп.)	Сумма, руб. (3 исп.)
1. Материальные затраты НТИ и накладные расходы	23520	25550	29980
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	81940	81940	81940
3. Затраты по дополнительной заработной плате	9833	9833	9833
4. Отчисления во внебюджетные фонды	24871	24871	24871
5. Бюджет затрат НТИ	140164	142194	146624

5.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения объекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0.1	8	5	5
2. Цена	0.3	9	6	4
3. Функциональность	0.2	8	7	9
4. Мобильность	0.3	8	5	8
5. Удобство в эксплуатации	0.1	9	7	6

$$I_{p-исп1} = 0.1 \cdot 8 + 0.3 \cdot 9 + 0.2 \cdot 8 + 0.3 \cdot 8 + 0.1 \cdot 9 = 8,4$$

$$I_{p-исп2} = 0.1 \cdot 5 + 0.3 \cdot 6 + 0.2 \cdot 7 + 0.3 \cdot 5 + 0.1 \cdot 7 = 5,9$$

$$I_{p-исп3} = 0.1 \cdot 5 + 0.3 \cdot 4 + 0.2 \cdot 9 + 0.3 \cdot 8 + 0.1 \cdot 6 = 6,5$$

Таким образом, исходя из данных в таблице 17, проект имеет высокий уровень научно-технического эффекта, так как уровень НТЭ больше 7.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } j} = \frac{\Phi_{pj}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } j}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pj} – стоимость j-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения;

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в

размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (19)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i – го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i – го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i – го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп 1} = \frac{I_{р-исп 1}}{I_{исп 1}_{финр}}, \text{ и т. д.} \quad (20)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 19) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп 1}}{I_{исп 2}} \quad (21)$$

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.785	0.852	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	8.4	5.9	6.5
3	Интегральный показатель эффективности	10.7	6.92	6.5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.546	1.07	0.61

Таким образом, исполнение № 1 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнениями № 2 и № 3.

6 Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ICCSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

1. содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
2. учитывает ожидания заинтересованных сторон;
3. соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
4. интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

6.1 Производственная безопасность

При разработке устройства могут возникнуть вредные и опасные факторы. Используя ГОСТ 12.0.003-74 [1], можно выделить ряд факторов, приведенных в таблице ниже. Так же приведены источники факторов и нормативные документы, регламентирующие действие каждого фактора.

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы при разработке устройства

Источник фактора	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.Наладка программной части за персональным компьютером 2.Сборка и тестирование устройства	1. Отклонение от норм микроклимата 2. Отклонение от норм шума 3. Отклонение от норм освещенности 4. Отклонение от норм электромагнитных излучений	1.Электрический ток	1.СанПиН 2.2.4.548–96 [7] 2. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [6] 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [7] 4. СНиП 23-05-95 [8] 5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [9] 6. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [10] 7. ГОСТ Р 12.1.019-2009ССБТ [11]

6.1.1 Микроклимат

Разработка программного обеспечения, а именно написание и наладка кода, производится за персональным компьютером. Согласно СанПиН 2.2.4.548–96 [2] работа инженера-программиста относится к категории легких работ (А1). Категория А1 относится к работам с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

В соответствии с СанПиНом 2.2.4.548–96, показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- 1) температура воздуха;
- 2) температура поверхностей;
- 3) относительная влажность воздуха;
- 4) скорость движения воздуха;
- 5) интенсивность теплового облучения.

Оптимальный микроклимат на рабочем месте обеспечивает комфорт в течение работы при минимальном напряжении механизмов терморегуляции человека, не вызывает отклонений состояния здоровья, обеспечивает условия для высокого уровня работоспособности и является предпочтительным на рабочем месте.

Допустимые значения показателей микроклимата для категории А1 приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Допустимые значения показателей микроклимата по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Тёплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путем. В помещения, оснащенные персональными компьютерами, должны подаваться достаточные объемы свежего воздуха, нормы которых приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Нормы подачи свежего воздуха по СанПиН 2.2.4.548–96

Характеристика помещения	Объёмный расход подаваемого в помещение, свежего воздуха на одного человека в час
До 20 м ³ на человека	Не менее 30 м ³
От 20 до 40 м ³ на человека	Не менее 20 м ³
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

Разработка устройства происходит в помещении, в котором имеется естественная вентиляция, при которой воздух поступает и удаляется через окна, двери и щели. При таком типе вентиляции воздух, поступающий в помещение,

не проходит предварительную очистку и нагрев. В рассматриваемом помещении не выполняется требование относительно объема воздуха на одного человека, поэтому необходимо применение механической вентиляции.

В холодный период года вентиляция осуществляется так же естественным путём, поступая через двери, окна и щели.

6.1.2 Шум

В конструкции устройства применяются сервоприводы, которые имеют повышенный уровень шума. Так же увеличению уровня шума способствует активная система охлаждения персональных компьютеров. Шум является важным фактором, влияющим на организм человека и на качество выполняемой им работы. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [3] уровень шума на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером, не должен превышать 50 дБ. Уровень шума системы охлаждения используемого персонального компьютера в целом соответствует нормам и составляет 30 дБ. В то же время уровень шума используемых в устройстве сервоприводов доходит до 60 дБ, что не соответствует нормам. Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создается за счет использования занавесок из плотной ткани. Также уровень шума может быть снижен путем очистки или замены системы охлаждения персонального компьютера.

6.1.3 Освещенность

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами, определяются характером зрительной работы сотрудников [4]. Особенность таких рабочих мест заключается в необходимости одновременной работы с разными информационными носителями: на бумаге и на экране монитора. Экранное изображение в отличие от бумажного изображения является светящимся, что оказывает воздействие на зрительную

работоспособность и утомляемость. Дополнительной нагрузкой на органы зрения служит необходимость постоянной адаптации при переносе взгляда с экрана монитора на бумажный носитель. Сложные зрительные задачи часто сочетаются с необходимостью анализа поступающей информации, принятием решением в условиях с ограничением по времени и недопустимости ошибок, что приводит к психофизическому и эмоциональному напряжению человека. Основной причиной физического дискомфорта у сотрудников, работающих за персональным компьютером, являются неоптимальные условия рабочего места, значительную роль в этом играет освещение. Освещение помещений с персональными компьютерами характеризуется следующими требованиями:

1) обеспечение необходимых уровней освещенности в горизонтальной плоскости в зоне бумажного носителя и клавиатуры;

2) исключение засветки изображения на экране монитора путем ограничения освещенности вертикальной плоскости экрана монитора;

3) обеспечение надлежащего распределения яркости в центральном поле зрения пользователя;

4) снижение прямой и отраженной блескости;

5) ограничение глубины пульсации освещенности. Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами, изложены в документах: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [4], СНиП 23-05-95 [5] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [6]. Для общего освещения помещений следует использовать лампы со световой отдачей не менее 55 лм/Вт. Для освещения помещений, оборудованных персональными компьютерами, следует применять систему общего освещения. Также допускается применение комбинированного освещения с целью дополнительного освещения бумажного носителя при исключении засветки от экрана монитора. В таблице 23 приведены нормативные значения освещенности в горизонтальной плоскости.

Таблица 23 – Нормативные значения освещенности в горизонтальной плоскости по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Характер текста на бумажном носителе	Освещенность при системе освещения		
	Общее освещение, лк	Комбинированное освещение	
		Всего, лк	От общего, лк
Шрифт с высотой буквы менее 1,5 мм и средним контрастом	500	600	400
Шрифт с высотой буквы менее 1,5 мм и большим контрастом	400	500	300
Шрифт с высотой буквы менее 1,5 мм	300	400	200

Освещенность нормируется в точках ее минимального значения на рабочей поверхности. Изменение освещенности в сторону увеличения считается допустимым. Из таблицы 24 следует, что за норму может быть принято любое значение не менее 300 лк.

Освещенность, обеспечиваемая осветительными приборами, соответствует нормам, если ее значение отвечает критериям, представленным в таблице 25.

Таблица 25 – Критерии оценки уровня освещенности по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03

Условия измерения	Критерии оценки
При приёме к эксплуатации	$E_{изм}=0,9E_nK_3$
В процессе эксплуатации без предварительной подготовки	$E_{изм}=E_n$

В таблице 25 $E_{изм}$ - измеренное значение освещенности, E_n - нормативное значение освещенности, K_3 - коэффициент запаса, который учитывает старение и загрязнение ламп и светильников. При наличии пульсации освещенности от осветительных установок утомляемость зрения и организма возрастает. Поэтому в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 коэффициент пульсации освещенности не должен превышать 5%. Для искусственного освещения следует применять осветительные приборы, имеющие повышенный защитный угол:

1) защитный угол для светильников общего назначения должен составлять (30-40)°;

2) для местного освещения необходимо применять светильники, имеющие непросвечивающие отражатели и защитный угол не менее 40°.

Рассчитаем освещение для рабочего помещения. Размеры помещения $a = 6$ м, $b = 4$ м, $H = 3,5$ м.

1. Выбор системы освещения. Для компьютерного класса выбираем общее равномерное освещение.

2. Выбор источников света. Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Для освещения компьютерного класса используем газоразрядные лампы.

3. Выбор светильников и их размещение. Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами (рисунок

1): H – высота помещения; h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес); $h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса; $h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом; $h = h_n - h_{рп}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

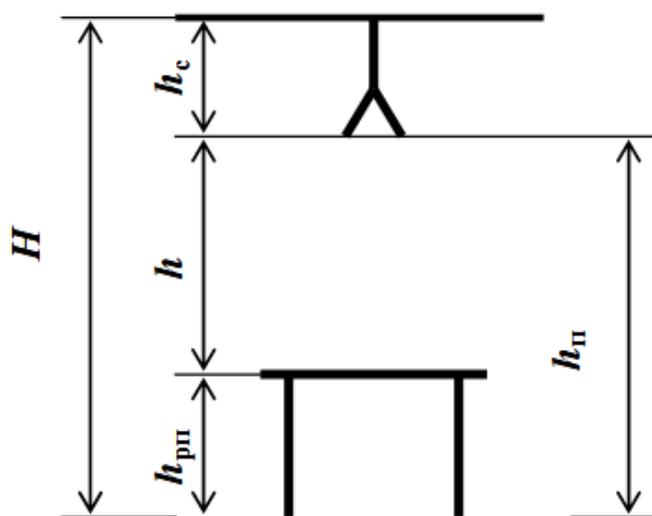


Рисунок 42 – Основные расчётные параметры

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом (таблица 26). На схеме размещения светильников в помещении (рисунок 2) приводятся следующие параметры: L – расстояния между соседними светильниками или рядами. l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Таблица 26 – Наименьшая допустимая высота подвеса светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	Наименьшая допустимая высота подвеса над полом, м
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при одиночной установке или при непрерывных рядах из одиночных светильников	3,5
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников	4,0
Двухламповые светильники ШЛД, ШОД	2,5
Двухламповые уплотнённые светильники ПВЛ	3,0

В помещении использованы светильники ОД 2х30, длина 0,93м, ширина 0,2м. Для данных светильников и заданного размера помещения характерны следующие значения обозначенных параметров: $h_n = H - h_c = 3,5 - 1 = 2,5$ м; $h_c = 1$; $h_{рп} = 0,7$ м; $h = h_n - h_{рп} = 2,5 - 0,7 = 1,8$ м.

Также учитывается критерий интегральный критерий оптимальности расположения светильников в помещении λ (оптимальность заключается в компромиссе стоимости оборудования и его обслуживания и равномерности производимого света). Для обозначенного типа светильников $\lambda = 1,3$.

$$\text{Тогда: } L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 1,8 = 2,4 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $\frac{L}{3} = 0,8$ м.

На основе данных расчетов рекомендуется разместить светильники в 2 ряда, в каждом из которых нужно установить 4 светильника типа ШОД - 2

мощностью 30 Вт. При этом разрывы между светильниками в ряду составят 0,23 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено по две лампы, общее число ламп в помещении составит 16, рисунок 43.

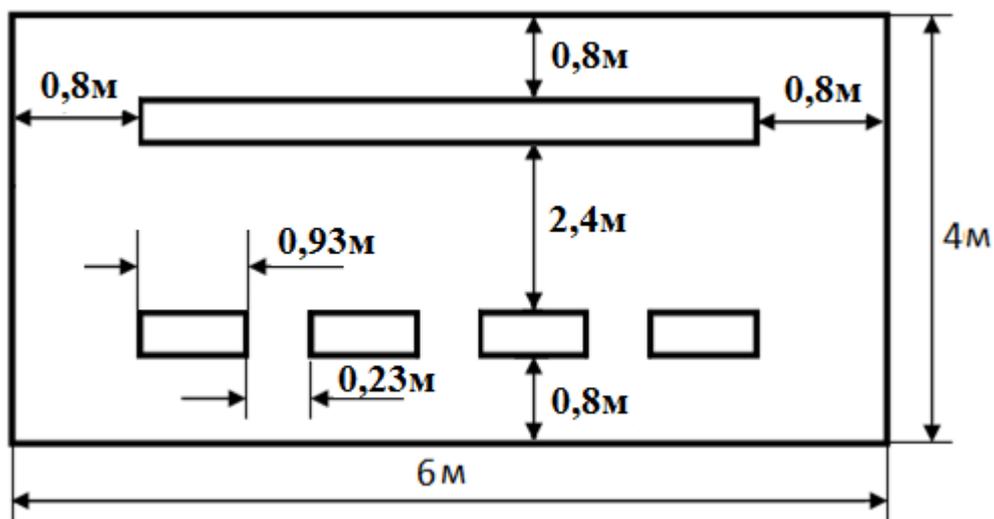


Рисунок 43 – Схема размещения светильников в помещении

4. Выбор нормируемой освещенности. Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95. Выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера объема различения (толщина линии, размер буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона. По данным СНиП потребуется создать освещенность в 300 лк.

5. Расчет общего равномерного освещения методом коэффициента светового потока. Учитывая световой поток, отраженный от потолка и стен, световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{n * \eta}$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность (для данной категории помещений E_n - 300 лк); S - площадь освещаемого помещения (24 м²); K_3 - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, запыленность

($K_3 = 1,5$ - для помещений с малым выделением пыли); Z - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп берется равным 1,1); n - число ламп ($n = 16$); η - коэффициент использования светового потока - показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность.

Степень использования светового потока ламп в помещении зависит как от геометрии помещения (площади (S), линейных размеров (a, b), высоты уровня светильников над рабочей поверхностью (h)), так и от коэффициентов отражения стен p_c и потолка $p_{п.}$. Учет геометрии помещения осуществляется, с помощью индекса помещения, вычисляемого по формуле:

$$i = \frac{S}{h * (a + b)}$$

Учитывая, параметры помещения, приведенные выше - $i = 1,35$. Коэффициенты отражения p_c и p_n имеют следующие значения: $p_c = 70\%$ (стены свежепобеленные с окнами закрытыми шторами); $p_{п.} = 70\%$ (потолок свежепобеленный). Согласно таблице коэффициентов использования светового потока, с люминесцентными лампами приведенной в [5] имеем $\eta = 50\%$. Тогда:

$$F = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{n * \eta} = \frac{300 * 24 * 1,5 * 1,1}{16 * 0,5} = 1485 \text{лк}$$

Таким образом, исходя из известного типа лампы, а также вычисленного необходимого светового потока, может быть подобрана стандартная лампа, удовлетворяющая требованиям освещенности помещения. Согласно [5], ближайшей подходящей стандартной лампой является - ЛДЦ 30 Вт с потоком 1500 лк. Напряжение сети 220 В, напряжение на лампе 104 В

Делаем проверку выполнения условия:

$$\begin{aligned} -10 \% &\leq (\Phi_{ст} - \Phi_{расч}) / \Phi_{ст} * 100 \% \leq 20 \% \\ -10 \% &\leq (1500 - 1400) / 1500 * 100 \% \leq 20 \% \\ -10 \% &\leq 1 \% \leq 20 \% \end{aligned}$$

6.1.4 Электромагнитные излучения

Основным источником электромагнитных излучений при разработке устройства является персональный компьютер. Электромагнитное поле, 59 которое создается персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц. Требования к допустимым уровням электромагнитных излучений и времени воздействия на человека, изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [4] и СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [7]. Допустимые уровни напряженности электромагнитного поля персонального компьютера в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
Статическое поле	20 000 В/м
На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25 А/м
Магнитная индукция не более - диапазон частот 5 Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не более	500 В

Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 энергетическая экспозиция электромагнитного излучения в диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека. Энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 28.

Таблица 28 – Предельно допустимые энергетические экспозиции

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция	
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \times ч$
30 кГц – 3 МГц	20000	200
3 – 30 МГц	7000	Не разработаны
30 – 50 МГц	800	0,72
50 – 300 МГц	800	Не разработаны

Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может привести к проблемам дыхательной, нервной и сердечно сосудистой системы, головным болям, утомляемости. Для обеспечения меньшего уровня электромагнитного излучение использован жидкокристаллический монитор. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а также необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

6.1.5 Электрический ток

Электрический ток относится к категории опасных факторов. В помещении, где производится разработка устройства, присутствует большое количество аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в том числе персональный компьютер, за которым происходит наладка программного обеспечения. Согласно ПУЭ, по опасности электропоражения, данное помещение относится к помещениям без повышенной опасности. Это обусловлено отсутствием высокой влажности, высокой температуры, токопроводящей пыли и возможности одновременного соприкосновения с заземленными предметами и металлическими корпусами оборудования. Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы,

когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

1) при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
2) при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;

3) при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;

4) при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

5) при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора. Мероприятия по устранению опасности поражения электрическим током сводятся к правильному размещению оборудования и применению технических средств защиты. К основным техническим средствам защиты от поражения электрическим током относятся:

6) изоляция токопроводящих частей; [11]

7) защитное заземление; [12]

8) зануление; [12]

9) защитное отключение; [13]

10) предупредительная сигнализация и блокировки. [12]

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер.

Рабочие места должны быть оборудованы отдельными щитами с общим рубильником электропитания, который должен находиться в легкодоступном месте, иметь закрытый зануленный металлический корпус и четкую надпись, указывающую величину номинального напряжения.

Так же нужно соблюдать некоторые правила по безопасности с электроприборами:

1) все электроприёмники и электропроводка должна быть с исправной изоляцией;

2) нельзя подвешивать провода на гвоздях, металлических и деревянных предметах, перекручивать или завязывать их в узел;

3) все токоведущие элементы, электроприборы, розетки, должны быть удалены от труб отопления и водопровода, и других металлических коммуникаций;

4) протирать осветительную арматуру от пыли можно только сухой тряпкой;

5) при возгорании электроприборов или электрических проводов нельзя их гасить водой. Необходимо сначала их обесточить, а затем приступить к тушению пожара;

6) при включении любого электрооборудования в сеть сначала подключается шнур к прибору, а затем - к сети. Отключение электроприбора нужно производить в обратном порядке;

7) нельзя прикасаться мокрыми или влажными руками к электроприборам, находящимся под напряжением.

6.2 Экологическая безопасность

В настоящее время обеспечение экологической безопасности и защита окружающей среды являются важным аспектом любой технологической деятельности. Меры, принимаемые для повышения экологической безопасности, в основном заключаются в снижении уровня загрязнения окружающей среды. Все загрязнения могут быть классифицированы в соответствии с типом загрязняемой среды: 1) загрязнения литосферы (почвы); 2) загрязнение гидросферы; 3) загрязнения атмосферы.

Загрязнения атмосферы, в результате искусственной вентиляции воздуха, и загрязнения гидросферы, в результате выхода производимых в процессе жизнедеятельности сотрудников сточных вод, не связаны непосредственно с реализацией данной работы и имеют отношения к работе десятого учебного корпуса в целом. При этом, влияние указанных факторов на глобальную и локальную экологическую обстановку незначительно при отсутствии аварийных ситуаций. Это связано, с отсутствием в здании, каких-либо технологических линий, работа которых, сопровождается выбросом жидких или газообразных отходов.

Непосредственно с выполнением данной работы, могут быть связаны негативно влияющие на экологию факторы, сопутствующие эксплуатации ПК и прототипа устройства. В частности, аспектами негативного влияния являются, отходы и выбросы, имеющие место на этапе производства, а также отходы, связанные с неполной их утилизацией. Кроме того, компьютерная техника является набором приборов, потребляющих электроэнергию, в связи с чем, нерациональное их использование может быть также расценено, как необоснованная нагрузка на окружающую среду.

На основе выполненного анализа влияния компьютерной техники на окружающую среду, стоит отметить, что современные ПК, практически не оказывают негативного влияния на окружающую среду, посредством электромагнитных (в разных диапазонах частот спектра) излучениях. Кроме того, для современных ПК характерен низкий уровень производимых шумов.

В связи с тем, что в настоящее время продолжается интенсивное развитие компьютерной техники, сопровождающееся расширением круга решаемых задач, происходит быстрое устаревание как аппаратной части компьютеров, так и их программного обеспечения. Лаборатории вычислительной техники, в одной из которых производилось выполнение данной работы, для создания условий для проведения научно-исследовательских работ должны комплектоваться относительно современной техникой и разнообразным,

актуальным программным обеспечением. Это, в частности, означает необходимость периодической (раз в несколько лет) замены используемых компьютеров. Таким образом, возникает проблема утилизации устаревшей техники, которая в соответствии со своими масштабами не может быть решена в рамках данной работы и должна решаться на уровне ТПУ в целом.

Что касается самого прототипа устройства, согласно ГОСТ 30772-2001 [9] к отходам относятся остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. В данной работе выявлены следующие источники загрязнения окружающей среды:

- 1) литий-ионные аккумуляторные батареи;
- 2) сервоприводы;
- 3) солнечные панели.

Их составные части требуют специальной утилизации, поэтому эти источники загрязнения окружающей среды необходимо утилизировать по истечении срока службы.

Под утилизацией отходов понимается деятельность, связанная с использованием отходов на этапах их технологического цикла, и/или обеспечение повторного (вторичного) использования или переработки списанных изделий [9].

Литий-ионные аккумуляторные батареи перед утилизацией необходимо максимально разрядить, чтобы при любой деформации или нагреве они не загорелись. После разрядки батареи необходимо сдать в специализированный центр по переработке отходов [15].

Сервоприводы и солнечные панели можно без предварительной подготовки сдать в специализированный центр по переработке отходов [9].

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятным чрезвычайными ситуациями при разработке устройства являются пожар на рабочем месте. Потенциальное возникновение пожара связано с возможным накоплением токоведущей пыли внутри компьютера, что может привести к короткому замыканию, возгоранию пыли и, если не будет принято никаких мер, распространению пожара. В связи с возможной угрозой возникновения пожара был разработан план действий согласно с ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ [10]: в случае обнаружения возгорания необходимо сообщить руководителю и попытаться потушить очаг возгорания своими силами с помощью средств первичного пожаротушения такими как: огнетушитель (порошковый, углекислотный);

1) в случае если потушить очаг возгорания не удастся, привести в действие ручной пожарной извещатель;

2) немедленно сообщить о чрезвычайной ситуации в пожарную охрану по телефону 01 (сотовый 010), назвать адрес объекта, место и причины возникновения пожара;

3) принять меры по эвакуации людей, материальных ценностей;

4) приступить к тушению пожара, отключив электроэнергию;

5) встретить подразделения пожарной охраны и, при необходимости, оказать помощь при выборе наилучшего пути для подхода к очагу пожара [16].

План эвакуации из помещения представлен на рисунке 2.

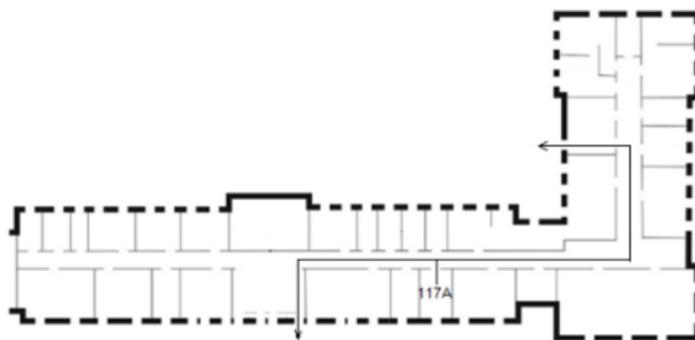


Рисунок 44 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещения учебного корпуса №10, пр. Ленина 2, 1 этаж

6.4 Организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочие места, оборудованные персональными компьютерами, должны располагаться по отношению к световым проемам таким образом, чтобы естественный свет падал с боковой стороны, преимущественно слева.

Расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно составлять не менее 1,2 м, расстояние между экраном монитора и задней частью другого монитора – не менее 2 м.

Рабочий стол может быть любой конструкции, которая отвечает современным требованиям эргономики и позволяет удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. Целесообразно применение столов, имеющих отдельную от основной столешницы специальную рабочую поверхность для размещения клавиатуры. В случае, когда используется стол с нерегулируемой высотой рабочей поверхности, его высота должна быть в пределах от 680 до 800 мм. Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм, ширина – 1600 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм, на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула или кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы работника и позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины. Рабочий стул или кресло должны быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной поверхности, отделенной от основной столешницы.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм [9].

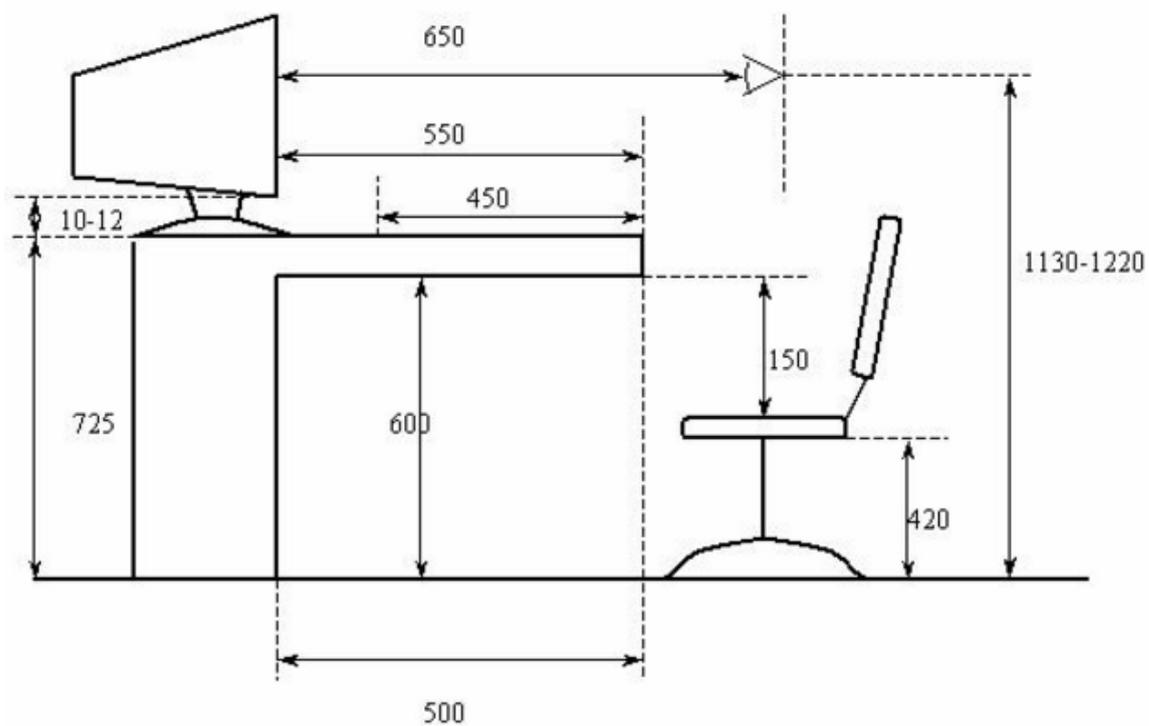


Рисунок 45 – Схема рабочего места

Заключение

Основные результаты работы и выводы:

1. Описано влияние различных факторов на эффективность потребления солнечной энергии.
2. Проведен анализ существующих способов, методов и датчиков определения положения Солнца, с помощью которого было обосновано использование солнечного трекера для наиболее эффективного преобразования солнечной энергии.
3. Приведены способы ориентации солнечного трекера, состав устройства ориентирования, а также принципы его работы. Обосновано использование двухосной системы ориентирования.
4. Разработаны чертежи составляющих деталей прототипа.
5. Произведена печать корпусных деталей прототипа на 3Д принтере, а также произведена сборка устройства.
6. Разработан алгоритм работы устройства слежения, по которому была написана программа для работы микроконтроллера AtMega 328.
7. Разработана система дистанционного управления устройством с помощью Android устройства.
8. Обоснована необходимость тестирования прототипа устройства. Проведено тестирование мобильного источника питания на солнечных батареях.
9. Произведен расчёт стоимости конструирования мобильного источника питания на солнечных батареях. Также, была произведена оценка коммерческого потенциала, перспективности и затрат на научное исследование с позиции ресурсосбережения и ресурсоэффективности.
10. Сделан анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Список используемых источников

1. Международная научно-техническая конференция "Измерение, контроль, информатизация". АлтГТУ, 2016. Тема доклада: «Управление автономной гибридной солнечной энергетической установкой» [Электронный ресурс] URL: <http://mca.altstu.ru>.
2. Сервоприводы [Электронный ресурс] URL: <http://wiki.amperka.ru>.
3. в Arduino UNO SMD | Overview | Summary [Электронный ресурс] URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUnoSMD>.
4. Тауц Я. Фото- и термоэлектрические явления в полупроводниках. — М.: ИЛ, 1962. — С. 141.
5. Сравнение монокристаллических и поликристаллических солнечных батарей [Электронный ресурс] URL: <http://www.solnechnye.ru>.
6. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
7. СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».
9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
10. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».
12. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 . «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».
13. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

14. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения».
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования».
16. ГОСТ Р 51350-99. «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования».
17. ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».
18. ГОСТ Р 51328-99 «Устройства защитного отключения».
19. ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя».
20. Solarsoul [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://solarsoul.net/treker-dlya-fotoelektricheskix-ustanovok>
21. Deger [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.degerenergie.de>
22. Солар [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://solarb.ru/solnechnye-batarei-na-povorotnykh-modulyakh>
23. Пантелеев В.Л. Физика Земли и планет // Курс лекций–М.: МГУ–2001.
24. Petrov L. A. Solar Tracking Strategies / BSc (Hons) Dissertation – University of DUNDEE 2010/2011
25. Шидловский, С.В. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / С.В. Шидловский. – Томск : Изд-во НТЛ, 2005.
26. Tracking system 1KW-20KW[Электронный ресурс] –Режимдоступа: http://sograndind.en.alibaba.com/product//tracking_system.html
27. Solar Leading [Электронный ресурс] – Режимдоступа:<http://www.solarleading.com/>

28. Solar panel tracker [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eco-worthy.com/catalog/solar-panel-tracker-linear-actuator.html>
29. Arduino SolarTracker [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Solar-Tracker>
30. Эффект Саньяка [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/Эффект_Саньяка
31. Внутренний фотоэффект [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.vevivi.ru/best/Vnutrennii-fotoyeffekt-ref131087.html>
32. Капля Е. В. Автоматическая система ориентации солнечной батареи в условиях переменной освещенности // Известия ВолгГТУ. – Волгоград – 2009.
33. Кузнецов Ф.А., Резниченко М.Ф. Кремний для солнечной энергетики // Материалы электронной техники. – 2008.
34. Попель О.С., Фрид С.Е. и др. Распределение ресурсов энергии солнечного излучения по территории России // Энергия: экономика, техника, экология.-2007
35. Попель О.С., Фрид С.Е., Альварес Г.М. К расчету поступления солнечной радиации на земную поверхность // Гелиотехника–1986.–№1–С.56.
36. Е.В. Бурнаевская, В.Н. Гришанов, И.Р. Нигматулин. Исследование световых и вольт-амперных характеристик фоторезисторов // Издательство СГАУ. – Самара – 2015.
37. Плеханов С.И., Наумов А.В. Оценка возможностей роста производства солнечных элементов на основе CdTe, CIGS и GaAs/Ge в период 2010-2025 г. г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: AEnergy.ru,
38. Бринкворт Б. Дж. Солнечная энергия для человека, 1976.
39. Стребков Д.С. Российские технологии для солнечной энергетики // Энергия: экономика, техника, экология, 2012
40. Оршанский И.С. Фотоэнергетика: достоинства, недостатки, направления развития // Энергия: экономика, техника, экология.-2013

41. Санеев Б.Г., И.Ю. Иванова, Т.Ф.Тугузова Что нам стоит возобновляемая энергия // Энергия: экономика, техника, экология.-2012.
42. Доводы в пользу использования энергии Солнца и других возобновляемых источников энергии // Возобновляемая энергия.-1998
43. Павел Безруких. Нетрадиционная энергетика // Деловой мир. - 1993.
44. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения: Издательство стандартов, 2000.
45. ГОСТ Р МЭК 60086-4-2009 «Батареи первичные. Часть 4. Безопасность литиевых батарей».
46. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
47. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
48. ГН 2.2.5.2308 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
49. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
50. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
51. ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».
52. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов
53. ГОСТ Р 55102-2012 Обращение с отходами.
54. ГОСТ Р 55101-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию гальванических элементов.

Приложение А

(справочное)

Листинг программы

```
#include <Servo.h>
Servo horizontal;
int servoh = 90;
int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 0; Servo vertical;
int servov = 85;
int servovLimitHigh = 110;
int servovLimitLow = 60;
int ldrlt = 3;
int ldrtr = 4;
int ldrlr = 2;
int ldrrr = 1;
int tol = 20;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  horizontal.attach(9);
  vertical.attach(10);
  delay(1000);
}
void loop()
{
  int lt = analogRead(ldrlt);
  int rt = analogRead(ldrrt);
  int ld = analogRead(ldrlr);
  int rd = analogRead(ldrrr);
  int dtime = 10; int tol = 20;
  int avt = (rt + rd) / 2;
  int avd = (lt + ld) / 2;
  int avl = (lt + rt) / 2;
  int avr = (ld + rd) / 2;
  int dvert = avt - avd;
  int dhoriz = avl - avr;
  Serial.print(lt);
  Serial.print(" lt");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(rt);
  Serial.print(" rt");
  Serial.print(" ");
```

```

Serial.print(ld);
Serial.print(" ld");
Serial.print(" ");
Serial.print(rd);
Serial.print(" rd");
Serial.println(" ");
if (-1*tol > dvert || dvert > tol)
{
if (avt > avd)
{
servov = ++servov;
if (servov > servovLimitHigh)
{
servov = servovLimitHigh;
}
}
else if (avt < avd)
{
servov = --servov;
if (servov < servovLimitLow)
{
servov = servovLimitLow;
}}
vertical.write(servov);
}
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol)
{
if (avl > avr)
{
servoh = ++servoh;
if (servoh < servohLimitLow)
{
servoh = servohLimitLow;
}}
else if (avl < avr)
{
servoh = --servoh;
if (servoh > servohLimitHigh)
{
servoh = servohLimitHigh;
}}
horizontal.write(servoh);
}
delay(dtime);}

```

Приложение Б

(справочное)

Листинг программы

```
#define CLK 3
#define DIO 2
// пин для считывания напряжения
int pin_read = A0;
// уровень заряда аккумулятора в процентах
int proc;
// уровень заряда аккумулятора в mAh
int amp;
// переменная управлением установки
int val;
char viv[5];

void setup(){
  // установка опорного напряжения для аналоговых входов
  analogReference(INTERNAL);
  // вывод данных в монитор порта
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  float Vbat = (analogRead(pin_read) * 1.1) / 1023;
  float del = 0.091;
  float Vin = Vbat / del;
  if (Vin < 3.00 && Vin > 0) { proc = 0; amp = 0; }
  if (Vin > 3.00 && Vin < 3.05) { proc = 3; amp = 100; }
  if (Vin > 3.05 && Vin < 3.10) { proc = 7; amp = 200; }
  if (Vin > 3.10 && Vin < 3.15) { proc = 17; amp = 500; }
  if (Vin > 3.15 && Vin < 3.20) { proc = 24; amp = 680; }
  if (Vin > 3.20 && Vin < 3.25) { proc = 27; amp = 780; }
  if (Vin > 3.25 && Vin < 3.30) { proc = 32; amp = 900; }
  if (Vin > 3.35 && Vin < 3.40) { proc = 39; amp = 1100; }
  if (Vin > 3.40 && Vin < 3.45) { proc = 46; amp = 1300; }
  if (Vin > 3.45 && Vin < 3.50) { proc = 53; amp = 1500; }
  if (Vin > 3.50 && Vin < 3.55) { proc = 57; amp = 1600; }
  if (Vin > 3.55 && Vin < 3.60) { proc = 62; amp = 1750; }
  if (Vin > 3.60 && Vin < 3.65) { proc = 68; amp = 1900; }
  if (Vin > 3.65 && Vin < 3.70) { proc = 72; amp = 2020; }
  if (Vin > 3.70 && Vin < 3.75) { proc = 78; amp = 2190; }
  if (Vin > 3.75 && Vin < 3.80) { proc = 81; amp = 2290; }
  if (Vin > 3.80 && Vin < 3.85) { proc = 84; amp = 2370; }
```

```
if (Vin > 3.85 && Vin < 3.90) { proc = 86; amp = 2430; }
if (Vin > 3.90 && Vin < 3.95) { proc = 89; amp = 2510; }
if (Vin > 3.95 && Vin < 4.00) { proc = 91; amp = 2560; }
if (Vin > 4.00 && Vin < 4.05) { proc = 94; amp = 2630; }
if (Vin > 4.05 && Vin < 4.10) { proc = 96; amp = 2700; }
if (Vin > 4.10 && Vin < 4.15) { proc = 98; amp = 2760; }
if (Vin > 4.15 && Vin < 4.20) { proc = 100; amp = 2800; }
```

```
if(Serial.available()>0)
```

```
{
```

```
  char c = Serial.read();
```

```
  delay(5);
```

```
  if (c == '1')
```

```
{
```

```
  Serial.println(proc);
```

```
  delay(5);
```

```
}
```

```
if (c == '2')
```

```
{
```

```
  Serial.println(amp);
```

```
  delay(5);
```

```
} }
```

```
delay(1000);
```

Приложение В

Раздел 1

Анализ способов ориентации и обоснование использования солнечного трекера

Part 1

Analysis of orientation methods and justification of the use of the solar tracker

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM71	Гурин Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШИТР	Казьмин В.П.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Сидоренко Т.В.	к.п.н.		

1 Analysis of orientation methods and justification of the use of the solar tracker

1.1 Rational use of solar energy

For the greatest efficiency of the solar panels, i.e. converting solar energy into electrical energy, it is necessary that the sun's rays be directed perpendicular to the surface of the module. Then the concentration of solar energy will be maximum. To do this, it is necessary that the system for monitoring the maximum light during the day periodically changes the position of the solar panels to maintain the right angle between the direction of the rays and its plane.

Moving the sun across the sky during the year and day is an input characteristic for the control system. The control system is responsible for the orientation of the solar panels to the sun during the day and year, so consider the geometric relationship between the sun and the earth. During the year, the Earth describes the elliptical path around the Sun (Figure 2). This movement causes changes in the seasons of the year and the length of the daylight hours. The change in the height of the Sun in the sky during the year is determined by the precession of the Earth's axis (Figure 3), which is responsible for the declination of the Earth's axis relative to the ecliptic plane during the year. During the day, the Earth also rotates around its axis, describing a full circle, this movement is the cause of sunrises and sunsets.

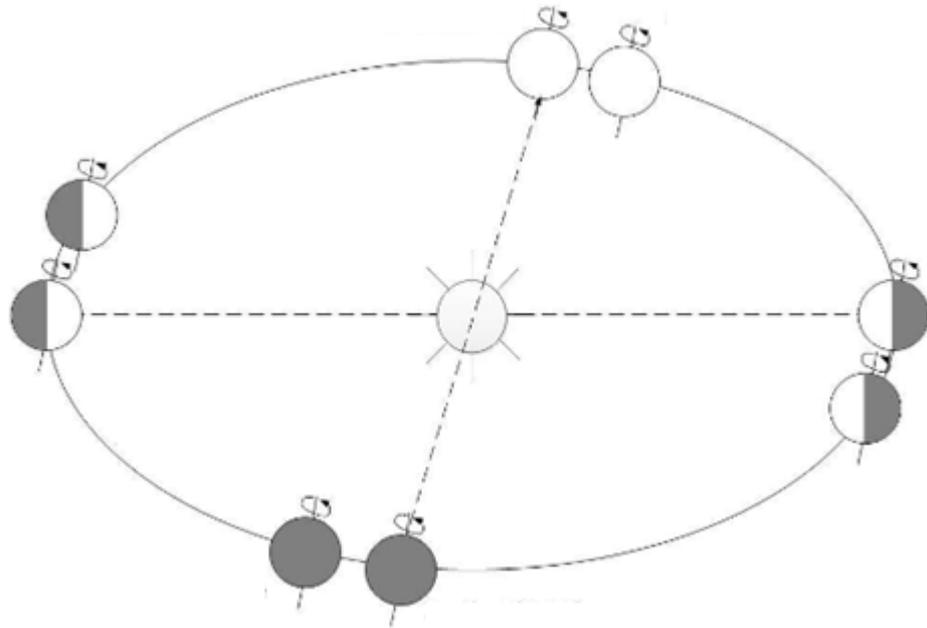


Figure 2 - Rotation of the Earth around the Sun during the year.

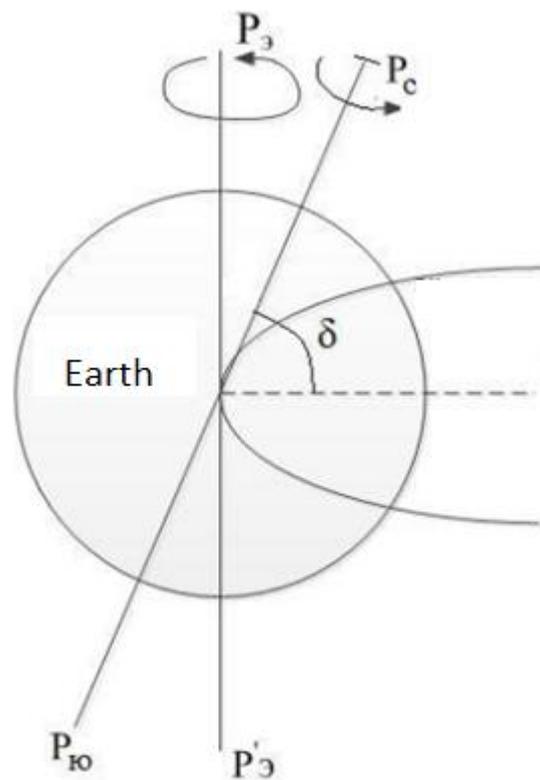


Figure 3 - Schematic representation of the precession of the earth's axis.

In one day, the earth rotates 360° around its axis, however, solar panels will generate energy only during the daylight hours. The length of the day varies depending

on the latitude and location of the solar panels. It is necessary to follow the two conditions for changing the height of the Sun: during the day and the conditions for changing the height of the Sun over the seasons. The position of the sun in the sky can be described by two angles: azimuth and zenith. Azimuth is the angle between the true direction of the north and the projection of the sun on the horizontal plane of the earth. Zenith angle characterizes the height of the solstice. The azimuth changes the value during the day due to the rotation of the Earth around its axis (also called the hour angle), and the zenith angle changes due to the precession of the Earth axis. Therefore, when designing a control system, it is necessary to take into account two rotational movements of the Sun: daily movement (moving along the azimuth axis) and annual precession of the Earth's axis (moving along the ecliptic axis). There are two ways to control the position of the Sun: along one axis and along two. The number of axes determines the control system mechanism: uniaxial and biaxial (Figure 4).

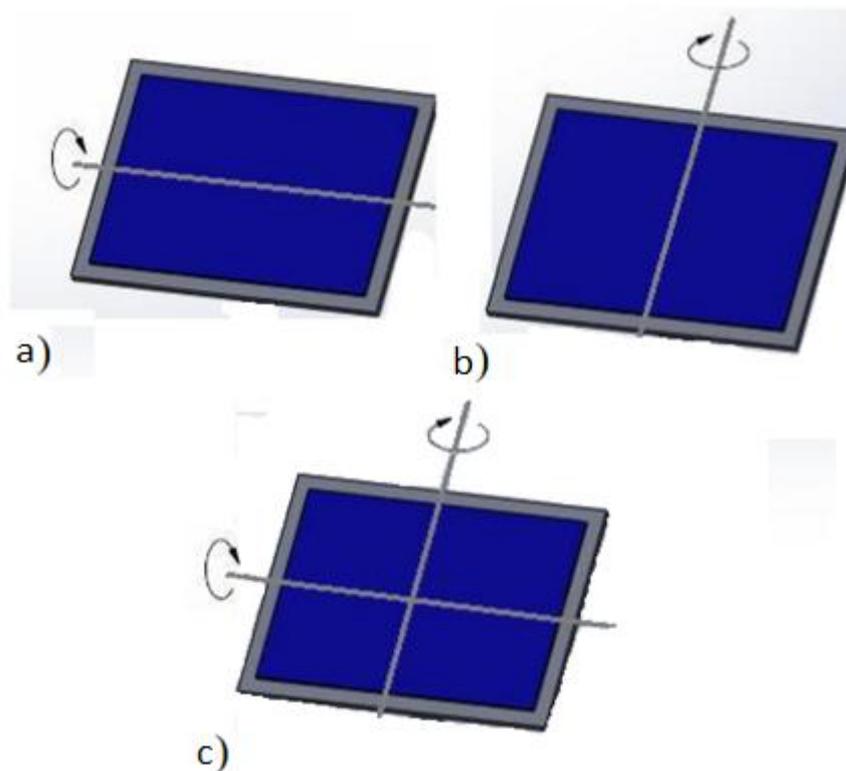


Figure 4 - Control systems: a - uniaxial azimuth; b - uniaxial zenithal; in - biaxial.

Biaxial systems control the position of the Sun in two planes (the azimuth and ecliptic of the Sun), which provides accurate tracking of solar movement during the day.

1.2 Justification for using the solar tracker

Solar tracker - a device designed to track the position of the sun and the orientation of the supporting structure in such a way as to obtain maximum efficiency from solar panels. The concept of the tracker is extremely simple - using several sensors, the controller determines the optimal position for solar cells and with the help of engines turns the platform with solar panels in the required direction.

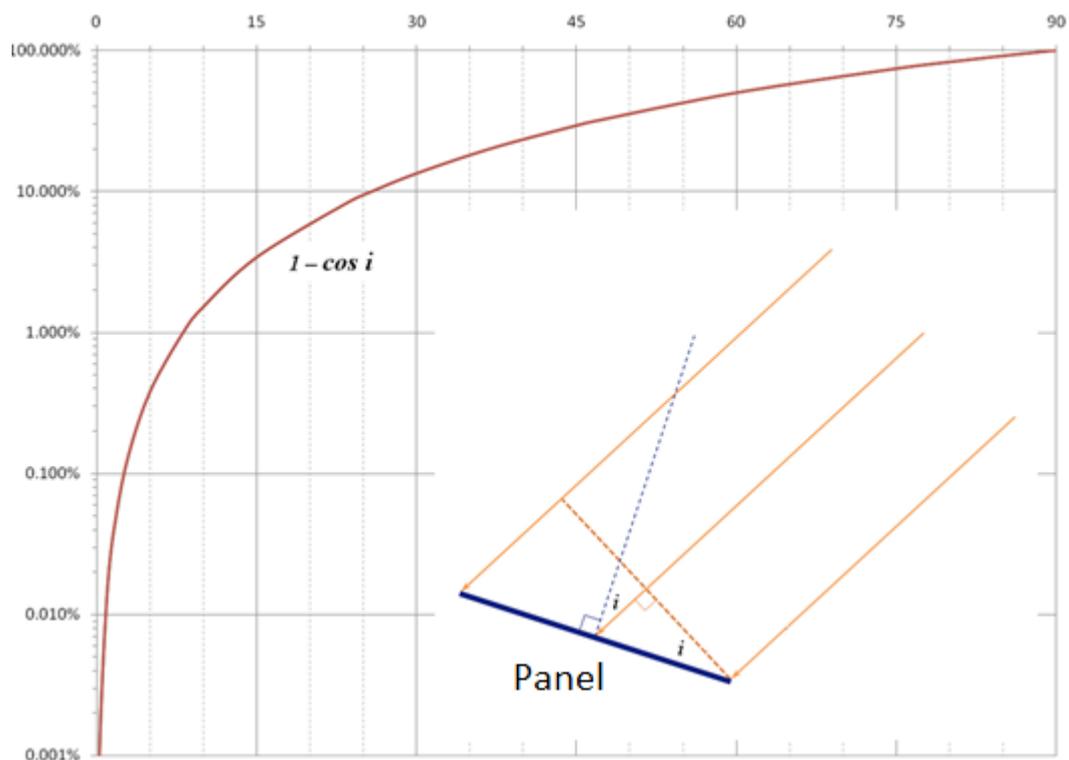


Figure 5 - Dependence of the magnitude of losses in the generation of electricity by solar panels on the angle

This graph shows the dependence of the magnitude of losses in the production of electricity by solar panels on the magnitude of the deviation angle from the optimal position of the panel plane. From the graph of dependence it can be seen that the tracker with an accuracy of $\pm 5^\circ$ provides the panel to capture more than 99.6% of the energy of direct rays and 100% of the scattered light.

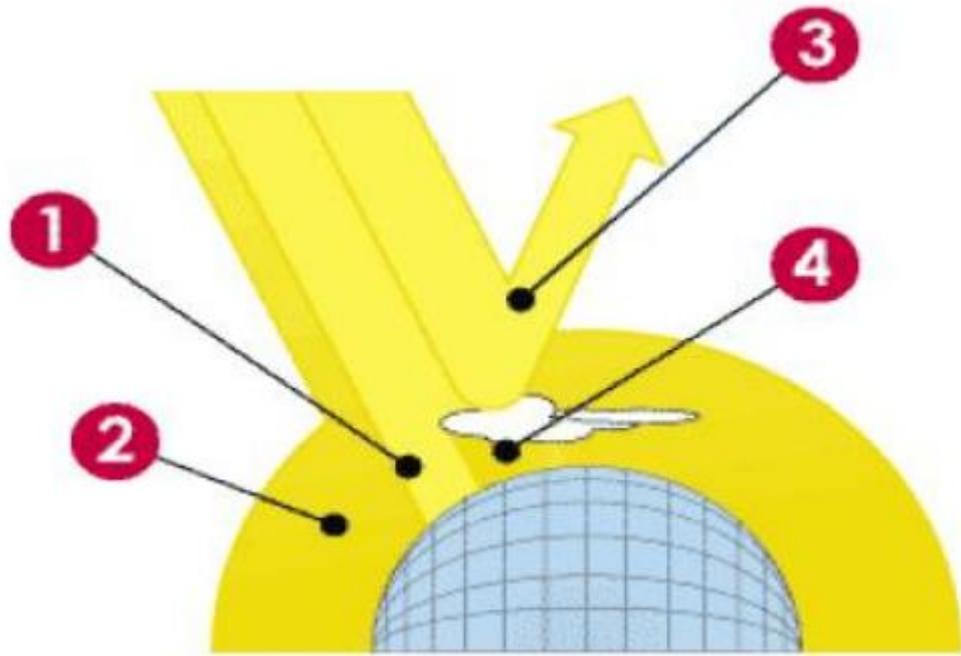
Taking into account the peculiarities of the daily trajectory of the sun, it can be said that the effective angle of rotation of the panels is about 150° . A panel that is fixed in the direction exactly in the middle between the points of sunset and sunrise loses up to 75% of the maximum possible generation in the morning and evening.

Rotation of the panel from east to west to minimize these losses is called one-dimensional tracking. In addition to daytime traffic from east to west, the sun makes a seasonal movement between the north and south sides of the world by 46° . In order to account for these changes, two-axis tracking is necessary.

Trackers for solar cells come in several configurations, are guided by different algorithms when choosing a direction, have different drive mechanisms. Despite the mass of possible differences between trackers, most often they are divided into two types - one-coordinate and two-coordinate.

1.3 The influence of external factors on the efficiency of solar panels

Sunlight passes its way from the Sun to the Earth in a straight line. When it reaches the atmosphere, part of the light is refracted, and part reaches the earth in a straight line. Another part of the light is absorbed by the atmosphere. Refracted light is what is commonly called diffuse radiation, or diffused light. That part of the sunlight that reaches the surface of the earth without scattering or absorption is direct radiation. Direct radiation is the most intense.



1 - direct; 2 - thickening; 3 - reflection; 4 - indirect

Figure 6 - Radiations of the earth's surface

Solar modules produce electricity even when there is no direct sunlight. Therefore, in cloudy weather, the photovoltaic system will produce electricity. However, the best conditions for generating electricity will be in bright sunshine and when the panels are oriented perpendicular to sunlight. For areas of the northern hemisphere, the panels should be oriented to the south, for the countries of the southern hemisphere - to the north.

Table 1 - Effect of various conditions on the efficiency of photovoltaic modules.

Condition	% of full power
Bright sun - the panels are perpendicular to the sun's rays	100%
Light clouds	60-80%
Cloudy weather	20-30%
Behind the window glass, single layer, glass and module are perpendicular to the sun's rays.	91%
Behind the window glass, 2 layers, glass and module are perpendicular to the sun's rays	84%
Behind the window glass, single layer, glass and module at an angle of 45 ° to the sun's rays	64%
Artificial light in the office, on the surface of the desk	0.4%
Artificial light inside a bright room (for example, a store)	1.3%
Artificial light inside the dwelling	0.2%

1.4 Ways of orientation of solar panels

There are three ways to control the orientation of FM:

1. Manual method in which the aiming on the sun is made by the operator;
2. Passive way in which the rotation of the FM during the day is made according to a given control algorithm;
3. An active method that provides a constant orientation to the maximum flux of solar radiation.

In systems with manual aiming, FM on the Sun is made by the user. To orient a large number of FMs, a common drive control panel is used. Accuracy, and, as a result, power developed during the day directly depends on the user: his choice of the angle of the FM, the number of turns of the FM during the day.

All passive control systems have one principle of operation - control of the rotational speed of the FM, based on the design-constant characteristics for a given geographical location of the FM. The initial values for the development of the control system operation algorithm are constant: the geographical latitude of the area, the length of the day for a given area, the change in the height of the solstice during the day and during the year.

To use such systems, these weather services are required for each specific location of the FM and require recalculation of the angle and speed of rotation of the FM, and, consequently, changes in the program. The recalculation and reprogramming of the microcontroller requires the work of specialists, which deprives mobility and the possibility of personal use.

Active control systems are the most developed and widespread today. Unlike passive systems, active systems orient the FM surface to the maximum flux of solar radiation. The use of such systems is the most economically viable and requires the least maintenance and intervention.

1.5 The composition of the solar tracker

The main task of this final qualifying work is the development of a mobile device that allows you to convert solar energy into electrical energy in the absence of power supply, for charging mobile devices and handheld gadgets. The conversion of solar energy takes place with the help of solar panels, whose position is regulated by means of a microcontroller, thus the panels are always directed towards the sun. 3D model of the prototype device is shown in Figure 7.

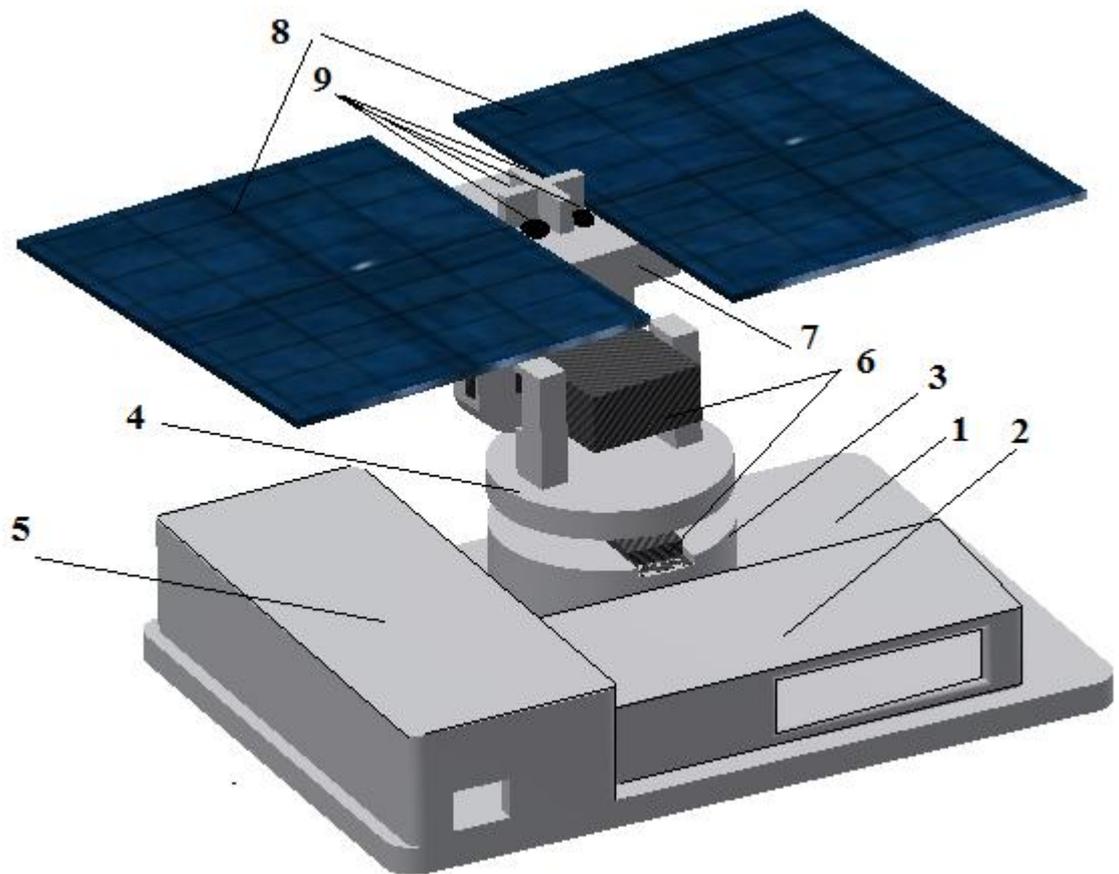


Figure 7 - 3D model of the prototype device

The device includes:

- 1- housing
- 2- Sunscreen for power-bank
- 3- Platform for the first electric drive
- 4- Platform for the second electric drive
- 5- Sunscreen for breadboard and microcontroller
- 6- Electric drives
- 7- Stand for solar panels
- 8- Solar Panels
- 9- Photoresistors

Also, the automatic control system includes a microcontroller, a prototype board with connecting wires and a power bank, which are not shown in Figure 8.

The change in the position of the solar panels occurs due to a change in the angle of rotation of the output shaft of the electric drive. The system includes two electric

drives, one is responsible for changing the position of solar panels around the X axis, the other for changing the position of the panels around the Y axis (Figure 8).

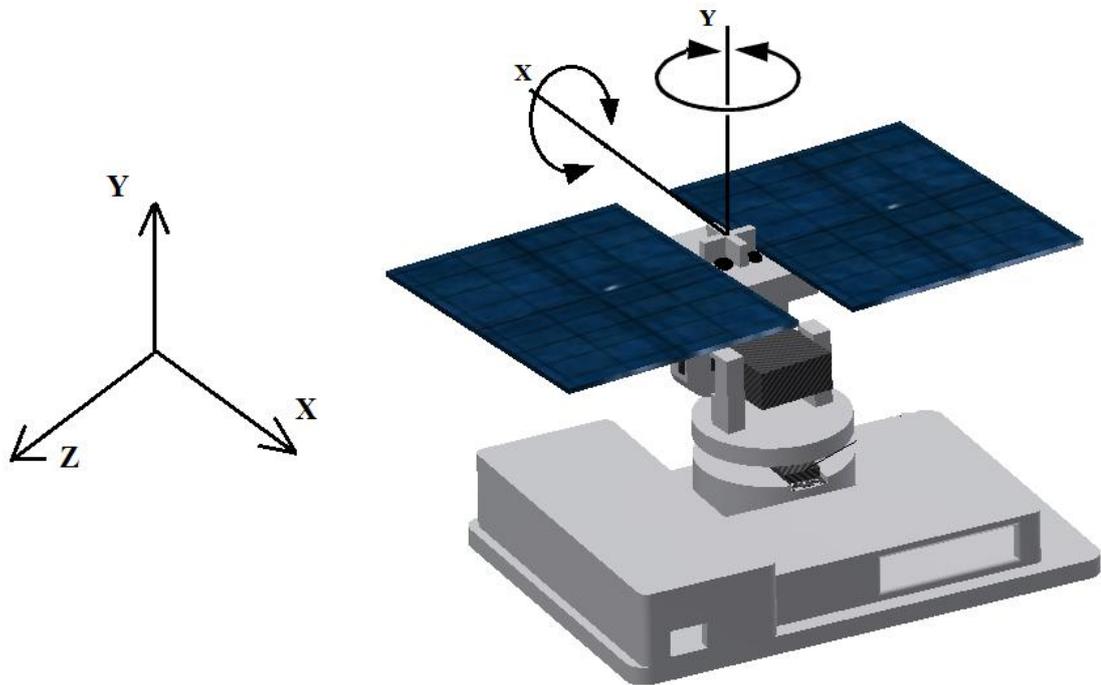


Figure 8 - 3D model of the device with axes depending on the position of the solar panels

The change in the angle of rotation of the actuators occurs due to the supply of a control signal from the microcontroller — a pulse, the duration of which determines the angle. The pulse duration that the microcontroller feeds depends on the resistance value of the photoresistors, with the help of which the position of the sun is determined. The converted solar energy from the panels goes to charge the power-bank, a device consisting of several lithium-ion batteries. Besides the fact that the power-bank acts as storage of the received energy, it also provides energy to the microcontroller and electric drives.

References

1. International Scientific and Technical Conference "Measurement, control, informatization". AltGTU, 2016. Theme of the report: "Management of autonomous hybrid solar power plant" [Electronic resource] URL: <http://mca.altstu.ru>.
2. Solarsoul [Electronic resource] - Access mode: <http://solarsoul.net/treker-dlya-fotoelektricheskix-ustanovok>
3. Solar [Electronic resource] - Access mode: <http://solarb.ru/solnechnye-batarei-na-povorotnykh-modulyakh>
4. Petrov L.A. Solar Tracking Strategies / BSc (Hons) Dissertation –University of DUNDEE 2010/2011
5. Shidlovsky, S.V. Automation of technological processes and production: a tutorial / S.V. Shidlovsky. - Tomsk: Publishing house NTL, 2005.
6. Popel, OS, Fried, S.E., Alvarez, G.M. To the calculation of solar radiation on the earth's surface // Heliotechnology – 1986.