

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР
Н.А. Коклюгина
«_____» _____ 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема проекта: Разработка электрической схемы и создание действующего макета
«Перчатка с обратной тактильной связью»

Выполнил(а)
студент(ка) специальности
11.02.14 Электронные приборы
и устройства
гр. № 460

(подпись)

М.А. Шамсиев
(И.О. Фамилия)

Руководитель
ВКР

(подпись)

Р.М. Загидуллин
(И.О. Фамилия)

Консультант
графической части

(подпись)

Э.Ф. Галиуллин
(И.О. Фамилия)

Консультант
экономической части

(подпись)

Л.И. Ишметова
(И.О. Фамилия)

Нормоконтроль

(подпись)

Л.И. Ишметова
(И.О. Фамилия)

Рецензент

(подпись)

Э.Ф. Галиуллин
(И.О. Фамилия)

Казань, 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР

Н.А. Коклюгина
«_____» _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

по специальности 11.02.14 Электронные приборы и устройства
студенту (ке) Шамсиеву Мухаммаду Анвар угли группы 460
(Ф.И.О.) (номер группы)

Тема проекта:

Разработка электрической схемы и создание действующего макета
«Перчатка с обратной тактильной связью»

В ПРОЕКТЕ РЕАЛИЗОВАТЬ

1. Описать схему электрическую принципиальную.
2. Осуществить электрический расчет узла.
3. Разобрать задачи и порядок проведения периодических испытаний (сроки проведения испытаний, виды испытаний: климатические (тепло, холод, влага), механические (вибрация, удар, транспортирование), специальные (морской туман, грибки, пылезащита, шумы), на надежность).

Содержание расчетно-пояснительной записки.

1. Общий раздел.
2. Описательный технический раздел.
3. Расчетный раздел
4. Конструкторский раздел.
5. Технологический раздел.
6. Экономический раздел.
7. Охрана труда и ТБ.

Графическая часть.

1. Схема электрическая принципиальная изделия (ЭЗ) - формат А1
2. Чертеж общего вида изделия формат (СБ – сборочный чертеж) А1
3. Сборочный чертеж изделия (печатной платы) – формат-А1.
4. Чертеж печатной платы (трассировка) – формат-А1.
5. Маршрутная карта печатной платы.

Дата выдачи задания «_____» _____ 2024 г.

Руководитель _____ Загидуллин Рамиль Маратович _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Задание принял к исполнению _____
(дата) (подпись студента)

Рассмотрено на заседании предметно-цикловой комиссии «Дисциплин профессионального цикла радиотехнического отделения»

Протокол № _____ от «_____» _____ 2024 г.

Председатель ПЦК _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе разработана перчатка, позволяющая устанавливать тактильную связь удаленным роботом или аватаром в виртуальной реальности.

В общем разделе приводится описание темы задания, принципа работы заданного изделия, электрические характеристики на вход и выход устройства.

В описательном техническом разделе проводится выбор и обоснование электрической принципиальной схемы устройства.

В конструкторском разделе приведено описание конструкции. Выбор элементной базы (габариты и вес). Расчет функционального узла печатной платы.

В экономической части работы приводятся общие положения себестоимости продукции и расчет себестоимости прибора.

В разделе охрана труда и техника безопасности описываются мероприятия необходимые при производстве заданного изделия для обеспечения работающим условия труда в соответствии с требованиями санитарных норм.

В экологическом разделе приводятся задачи для выявления потенциального ущерба окружающей среде, наносимого проектом на всех его стадиях, а также меры, необходимых для предотвращения этого ущерба.

Графическая часть дипломной работы включает в себя: принципиальную электрическую схему устройства, трассировку печатной платы, сборочный чертеж функционального узла, сборочный чертеж корпуса основного блока и детализовка корпуса основного блока.

В процессе проектирования были использованы средства вычислительной техники в объеме: «Word», а также компьютерные программы «Altium Designer», «КОМПАС 3D», «Visual Studio Code» «Unity».

Представленная выпускная дипломная работа выполнена в полном объеме и в соответствии с требованиями задания на проектирование, положениями ЕСКД и ЕСТД к документам подобного вида.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПЕРЧАТКИ С ОБРАТНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ	7
1.1 Взаимодействие человека с роботом или аватаром	7
1.2 Описание эксплуатации устройства.....	8
1.3 Этапы калибровки	9
2 ОПИСАТЕЛЬНО ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	11
2.1 Техническое описание модификации сервоприводов SG90	12
2.2 Техническое описание узлов.....	15
3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	21
3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом	22
3.2 Расчёт передаточной характеристики начинают с определения начального тока стока с помощью соотношения	24
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	27
4.1 Описание конструкции	27
4.2 Автономность	28
4.3 Эргономика и развесовка	29
4.4 Беспроводная связь	30
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	32
5.1 Цели и задачи испытаний РЭА	32
5.2 Виды испытаний РЭА.....	34
5.3 Климатические испытания и испытательное оборудование	38
5.4 Испытания на воздействия повышенной температуры и измерение параметров	39
6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	46
6.1 Общие положения	46
6.2 Расчет стоимости материалов	49

6.3 Стоимость оборудования	50
6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО)	51
6.5 Расчет фонда заработной платы	51
6.6 Расчёт амортизации основных фондов	53
6.7 Расчёт постоянных затрат	54
6.8 Расчёт себестоимости изделия.....	55
6.9 Вывод по разделу	56
7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЯ.....	57
7.1. Общие положения	57
7.2. Производственная безопасность	58
7.2.1 Микроклимат	58
7.2.2 Естественная освещенность	58
7.2.3 Уровень шума	60
7.2.4 Уровень электромагнитных излучений.....	61
7.2.5 Выделение вредных веществ.....	62
7.2.6 Электробезопасность	63
8 ОХРАНА ТРУДА	65
8.1 Охрана окружающей среды	65
8.2 Защита в чрезвычайных ситуациях	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	70

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии в области робототехники и виртуальной реальности продолжают продвигаться вперед, и каждый день мы сталкиваемся с новыми способами улучшения нашего взаимодействия с этими системами. Однако, актуальной проблемой является тот факт, что до сих пор не было представлено полноценного способа передачи тактильного отклика от управляемого объекта в потребительском сегменте.

Для решения этой проблемы, в этом проекте представлена перчатка с обратной тактильной связью. Эта перчатка позволяет пользователям ощущать и контролировать физические прикосновения при работе с роботами и в виртуальной среде.

Основная идея проекта заключается в использовании модифицированных сервоприводов и датчиков силы, благодаря которым можно воспроизводить различные физические ощущения, такие как сопротивление или упругость, текстуру объекта и отдачу.

Цель дипломной работы – реализация перчатки который значительно улучшает качество взаимодействия между человеком и управляемым объектом.

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.																															
<div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">Изм.</th> <th style="width: 20%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Подп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Шамсиев М.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Загидуллин Р.М.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Рецензент</td> <td></td> <td>Галиуллин Э.Ф.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td>Ишметова Л.И.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Шамсиев М.А.			Пров.		Загидуллин Р.М.			Рецензент		Галиуллин Э.Ф.			Н. контр.		Ишметова Л.И.			Утв.				
	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата																																			
Разраб.		Шамсиев М.А.																																					
Пров.		Загидуллин Р.М.																																					
Рецензент		Галиуллин Э.Ф.																																					
Н. контр.		Ишметова Л.И.																																					
Утв.																																							
					Разработка электрической схемы и создание действующего макета «Перчатка с обратной тактильной связью»																																		
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Лит</th> <th style="width: 20%;">Лист</th> <th style="width: 60%;">Листов</th> </tr> <tr> <td></td> <td>6</td> <td>72</td> </tr> </table>					Лит	Лист	Листов		6	72																								
Лит	Лист	Листов																																					
	6	72																																					
					ГАПОУ «КРМК» гр. ЭП-460																																		

1 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПЕРЧАТКИ С ОБРАТНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ

1.1 Взаимодействие человека с роботом или аватаром

Устройства управления роботами, как правило, делят на три типа, которые будут представлены ниже. Они же, в свою очередь, делятся еще на 3 подгруппы каждая. И каждая из них имеет своё предназначение, свои отличия, свои достоинства и недостатки, компромиссом между которыми и достигается наилучшее функционирование конкретной мехатронной системы при конкретных условиях и наличии тех или иных специалистов и материальных средств.

Современные темпы развития антропоморфных робототехнических систем обусловлены тенденцией замены человека при выполнении потенциально опасного труда. Перед исследователями стоит ряд задач, решение которых позволит заменить человека в различных отраслях деятельности, включая аварийно-спасательные работы, космические миссии, работы в условиях радиации, во время пожаров, военных действий, природных катаклизмов. Одной из таких задач является задача управления роботом с высокой степенью точности выполнения целевых операций в недетерминированной среде.

Управление роботом осуществляется при помощи устройства управления, которое конструируется в зависимости от целей, задач и условий работы мехатронной системы. Существующие системы управления можно поделить на три основных класса, в зависимости от степени участия оператора в процессе работы машины (Рисунок 1).

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист	
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	7

Каждый этап подразумевает собой строгое соблюдение инструкции калибровки. Чтобы пройти этап, необходимо подключить устройство к компьютеру через специальный разъем micro USB в корпусе, и раскомментировать заготовленных строчек кода с последующей перепрошивкой микроконтроллера. Для перепрошивки необходимо ввести микроконтроллер в режим BOOT, это выполняется путем прожатия соответствующей кнопки на плате управления. Во избежание ложных нажатий кнопки прошивки, доступ к нему можно получить только лишь, просунув диэлектрический стержень определенного диаметра через отверстие в корпусе устройства.

1.3 Этапы калибровки

1. Шаг первый

Убедиться, что двигатели и датчики работают. Отсоединить кости пальцев с сервоприводов, раскомментировать функции в приведенном ниже блоке.

```
testMotors(2);
printFingerPositions();
delay(100);
```

Это заставит двигатели вращаться вперед и назад, чтобы убедиться в правильной работе приводов двигателей, необходимо открыть монитор serial порта, цифры должны меняться при движении двигателя.

2. Шаг второй

- Раскомментировать функцию print Force() и загрузить.
- Оказать усилие на сервопривод и убедиться, что печатаемые цифры меняются.
- Прекратить усилие и оставьте их в естественном положении. Ввести исходные значения в файл калибровки в строке

```
long int restForce[numOfFingers] = {*, *, *, *, *};
```

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

3. Шаг третий

Раскомментировать приведенную ниже функцию и загрузить
printFingerPositions();
delay(300);

Повернуть выходные валы сервоприводов так, чтобы полный диапазон движения пальцев не пересекал границу между максимальным и минимальным значением. Прикрепить кости к перчатке и убедитесь, что граничные значения не ноль или 4096.

4. Шаг четвертый

Используя ту же функцию, надеть перчатку и сжать пальцы. Записать это число в массив fingerposing[], начиная с мизинца и заканчивая большим пальцем. Раскрыть пальцы в максимально открытое положение и записать это число в массив Max[], начиная с мизинца и заканчивая большим пальцем.

5. Шаг пятый

Чтобы завершить калибровку необходимо закомментировать функцию
manualCalibration();

И раскомментировать функцию
interactOverUART();

Теперь перчатка отправляет значение о положение пальцев и датчиков усилия, тем временем ожидая информация для обратной тактильной связи.

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.						Лист 10
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					

2 ОПИСАТЕЛЬНО ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Принципиальная электрическая схема показана на рисунке 2.1. Устройство состоит из следующих функциональных частей:

- Датчики усилия, микровибро-мотор, сервоприводы, управляемые напрямую микроконтроллером (на данной схеме не указан, считается внешним элементом),
- Управляющего микроконтроллера DD2 ESP32-WROOM32E,
- Преобразователя интерфейса USB в UART DD4.
- Стабилизирующие цепи на стабилизаторах AMS1117 и LM7805
- Модуль зарядки на микросхеме DD1 TP5100 и цепь питания

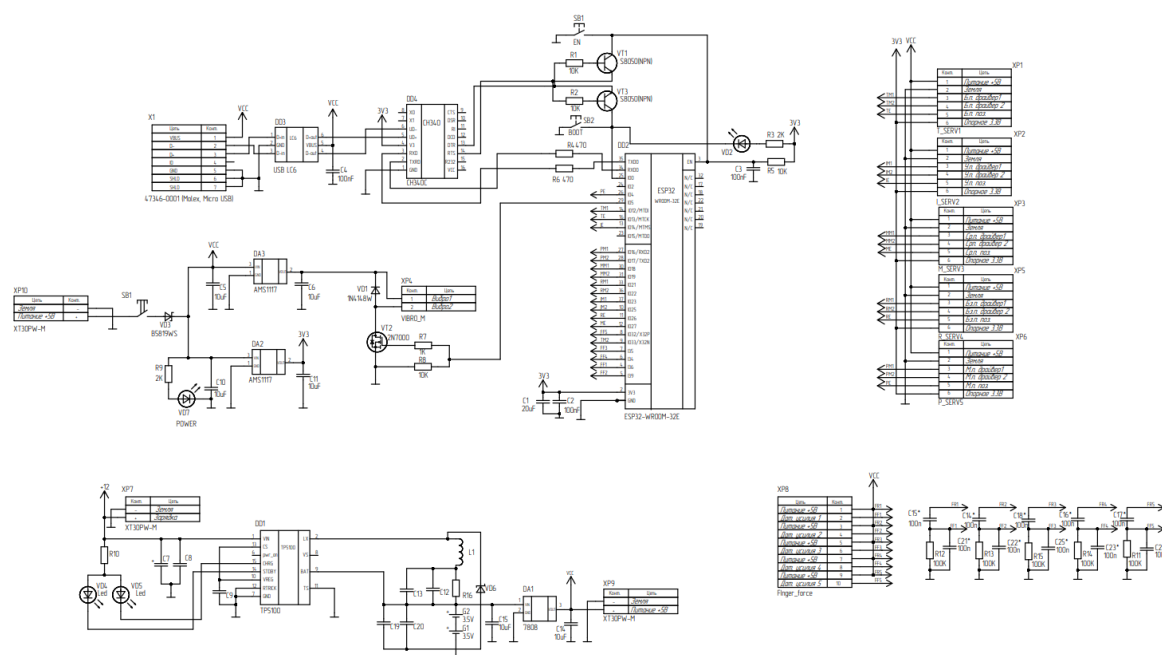


Рисунок 2.1 - Принципиальная перчатки с обратной тактильной связью

Датчики усилия выведены на проводах через разъем XP8 представляют из себя тензорезистор включенный в цепь делителя напряжения через резисторы R11-R15 и для стабилизации данных датчика добавлены керамические конденсаторы C14-C18 и C21-C25 они монтируются в плату по необходимости.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

11

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № док. Подп. Дата

Штатное устройство серво представляет из себя устройство, состоящий из следующих частей

- Управляющая плата
- Потенциометр
- Двигатель постоянного тока
- Редуктор

Наглядное устройство продемонстрирована на рисунке 2.3.

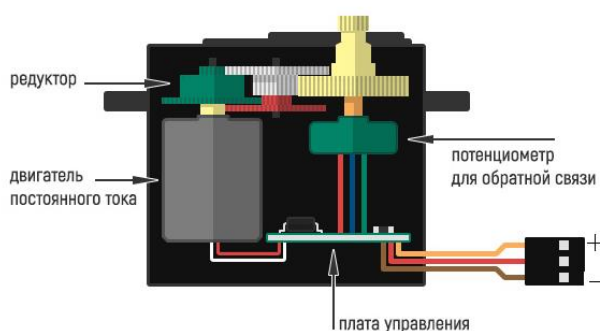


Рисунок 2.3 - Устройство сервопривода

Для своей работы сервоприводы используют принцип обратной связи. Контроллер, входящий в состав сервопривода, обрабатывает сигнал управления и сравнивает его с текущим положением оси. При необходимости выдается управляющее воздействие на электромотор сервопривода для установки его вала в необходимое положение или придания ему необходимой скорости вращения.

Контроллер сервопривода отслеживает текущее положение оси по изменению сопротивления потенциометра. Это позволяет организовать так называемую отрицательную обратную связь для удержания вала сервопривода в нужном положении. Для того чтобы установить вал сервопривода в определенное положение, на вход контроллера сервопривода подаются импульсы нужной длительности. Контроллер включает мотор сервопривода и держит его включенным до тех пор, пока положение вала потенциометра (а значит и вала сервопривода) не будет установлено так как нужно.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Взам. инд. №
Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

В нашем случае логика работы устройства подразумевает прямое управление положением серво микроконтроллером ESP 32. В таком случае необходимо произвести модернизацию согласно схеме на рисунке 2.4.

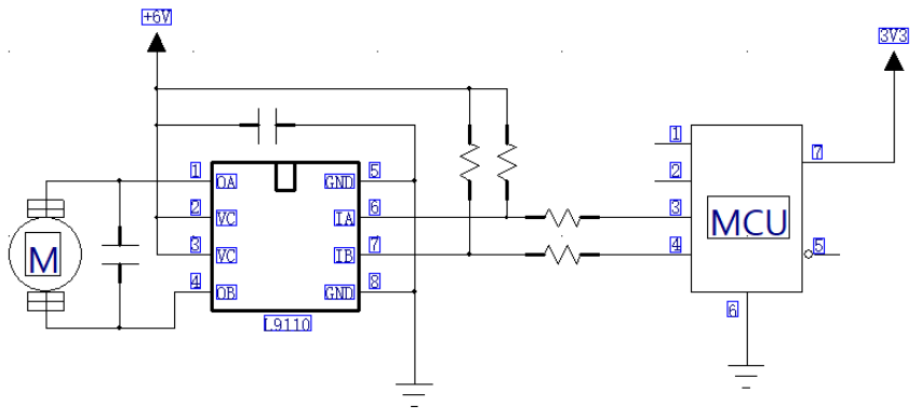


Рисунок 2.4 - Схема модификации SG90

Для реализации подобной логики был выпаян управляющий контроллер, таким образом мы подключаемся к драйверу мотора напрямую получая выходы M1 и M2.

Потенциометр сервопривода был изолирован из управляющей платы и получил выходы 3.3В и E.

Питание пальцевые сервоприводы получают с выводов VCC и GND.

На рисунках 2.2 и 2.5 показано сравнение между штатным и модифицированным сервоприводами.

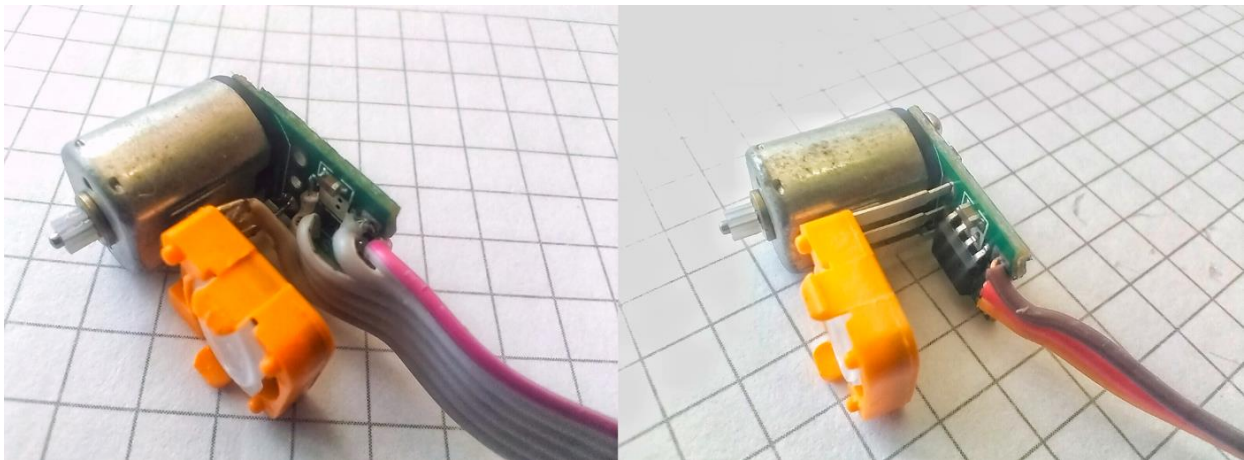


Рисунок 2.5 - Распайка модифицированного и штатного SG90

2.2 Техническое описание узлов

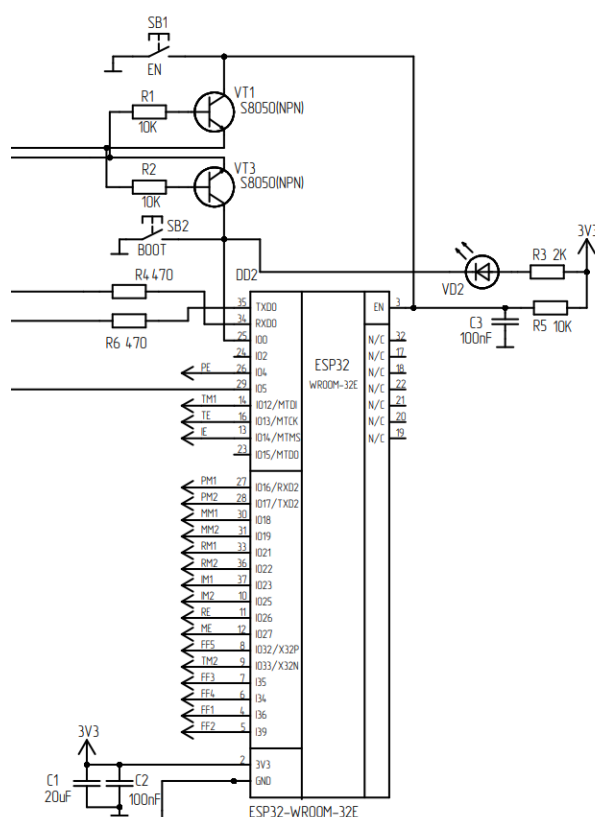


Рисунок 2.6 – принципиальная схема управляющего микроконтроллера

За логику работы и реализации функционала устройства отвечает центральный микроконтроллер DD2 ESP 32 - WROOM32E.

ESP32 представляет собой серию недорогих, маломощных микроконтроллеров со встроенным Wi-Fi и двухрежимным Bluetooth.

В серии ESP32 используется либо микропроцессор Tensilica Xtensa LX6 как в двухъядерном, так и в одноядерном исполнении, двухъядерный микропроцессор Xtensa LX7, либо одноядерный RISC-V и включает встроенные антенные переключатели, радиочастотный балун, усилитель мощности, маломощный приемный усилитель, фильтры и модули управления питанием. ESP32 создан Espressif Systems, китайской компанией, базирующейся в Шанхае, и производится TSMC по их 40-нм технологическому процессу.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

15

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дата

Характеристики

Процессоры:

- Процессор: двухъядерный (или одноядерный) 32-разрядный микропроцессор Xtensa LX6, работающий на частоте 160 или 240 МГц и производящий до 600 DMIPS
- Сопроцессор со сверхнизким энергопотреблением (ULP)

Оперативная память: 520 Кб ОЗУ, 448 Кб ПЗУ

Беспроводное подключение:

- Wi-Fi: 802.11 b / g / n
- Bluetooth: версии 4,2 с поддержкой EDR и BLE (совместно использует радио с Wi-Fi)

Питание микроконтроллера обеспечивается стабилизированным напряжением 3.3В. Для защиты от низкочастотных высокочастотных используем конденсаторы C1 и C2.

В качестве токоограничивающих резисторов на выводах последовательного интерфейса используем резистор R4 и R6.

Светодиод VD2 используется для индикации режима сброса, R3 в качестве токоограничения светодиода.

Для ввода микроконтроллера в режим прошивки подтягиваем вывод IO0 к земле через тактовую кнопку SB2, для сброса микроконтроллера подтягиваем вывод EN к земле через кнопку SB1.

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	16

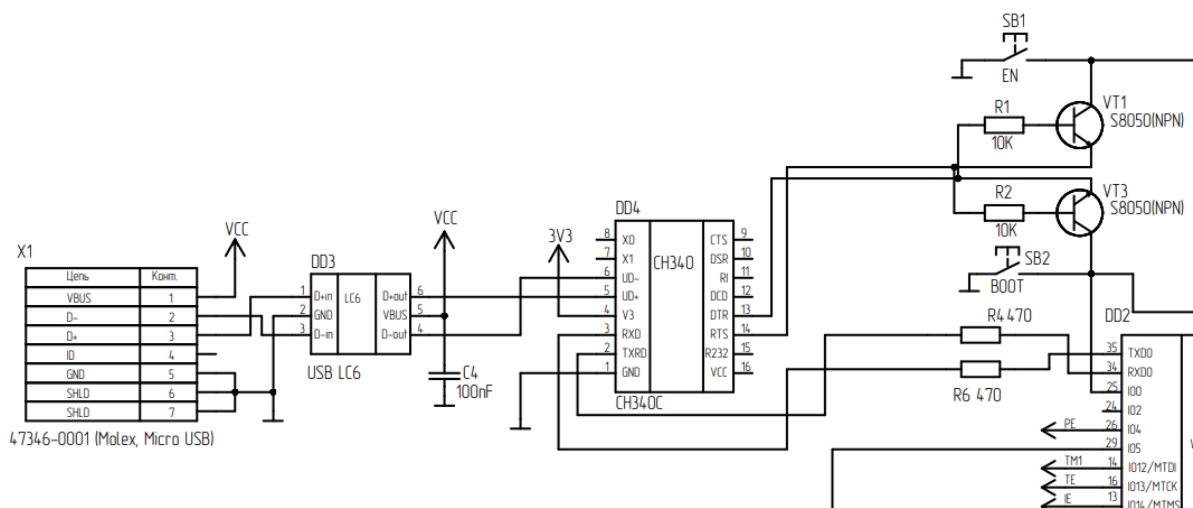


Рисунок 2.7 - Принципиальная схема преобразователя USB интерфейса в UART

DD4 CH340C - это микросхема-преобразователь шины USB, которая преобразует USB в последовательный порт или порт принтера. В режиме UART CH340 обеспечивает стандартные модемные сигналы, используемые для расширения последовательного порта для компьютеров или перехода непосредственно с обычного последовательного устройства на шину USB.

Цепь из транзисторов VT1 и VT3 служат для инициализации микросхемы DD4 с микроконтроллером. Резисторы R1 и R2 подключены к базам транзисторов для ограничения тока.

Для удобной прошивки устройства и связи с компьютером мы используем разъем X1 micro USB. Для защиты прибора от воздействия статического электричества сигналы с разъема X1 проходят через микросхему DD3 USB LC6 и конденсатор C4 для стабилизации.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лш	Изм.	№ док.	Подп.	Дата
----	------	--------	-------	------

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

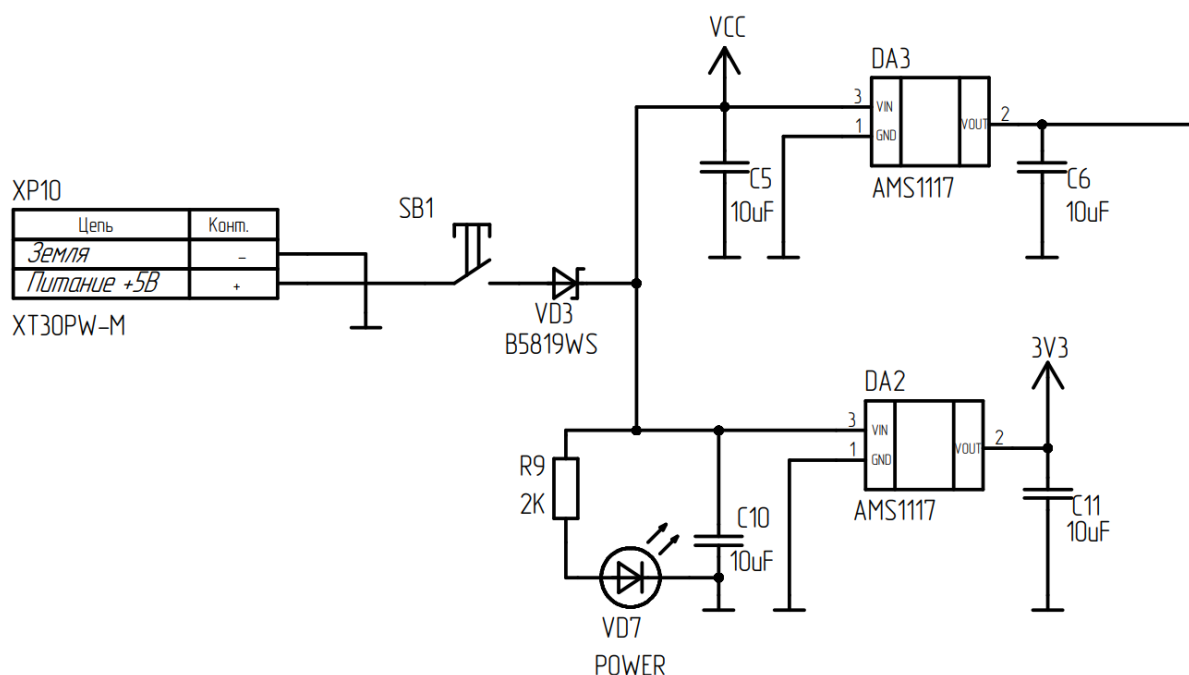


Рисунок 2.8 - Принципиальная схема стабилизирующих цепей на стабилизаторах AMS1117

Питание 5В поступает на плату через разъем XP10. Для контроля мы используем кнопку SB1, она не монтируется на плате, а выведен за пределы корпуса проводами для легкого доступа. Диод шоттки VD3 B5819WS выполняет роль защиты от переплюсовки. Для индикации напряжения питания светодиод красного цвета VD7 и резистор R9 для его работы.

Стабилизаторы напряжения DA3 и DA2 представлены по классической схеме стабилизации от частотных помех с использованием конденсаторов C5 C6 C10 C11.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
18

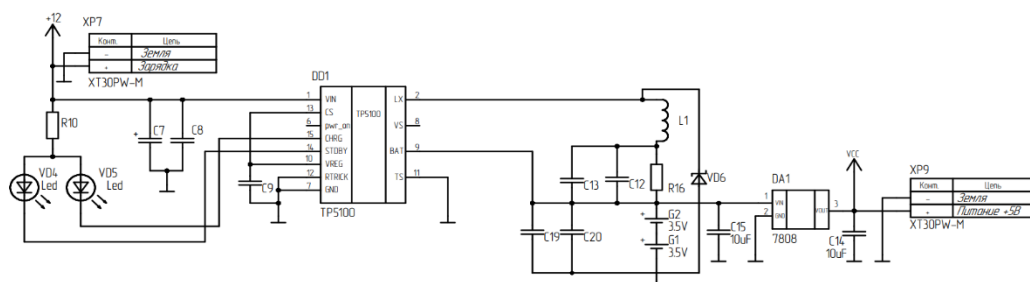


Рисунок 2.9 - Принципиальная схема цепи питания с модулем зарядки

Питание устройства обеспечивают два последовательно подключенных li-ion батареи G2 и G1.

Характеристики

- Напряжение 3.5 В
- Емкость 3000 мАч
- Формфактор 18650

Батареи при последовательном соединении обеспечивают напряжение 8В, для преобразования этого значения до стабильных 5В используется стабилизатор DA1 LM7805.

Для зарядки аккумуляторов была построена схема на базе TP5100 - одна из наиболее широко используемых микросхем контроллера зарядки аккумулятора / BMS.

Это простая и экономичная микросхема, предназначенная для портативных электронных устройств большой мощности. Одним из основных преимуществ микросхемы TP5100 является ее компактная и простая внешняя схема, для функционирования которой требуется всего несколько основных дополнительных компонентов.

Он имеет несколько функций безопасности для защиты аккумулятора и зарядного устройства от повреждений.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

19

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № док. Подп. Дата

Обязка микросхемы был выполнен согласно требованиям документации микросхемы TP5100.

Инв. № подл.	Подп. и дата					
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
Инв. № подл.	Подп. и дата					
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
Лу	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата		20

3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Для реализации виброотклика потребовалось использование полевого транзистора. Таким образом стало необходимым расчет основных электрических параметров полевого транзистора (сопротивление полностью открытого канала, напряжение отсечки, ёмкость затвора) и определена передаточная характеристика и связанные с ней параметры (начальный ток стока, напряжение насыщения).

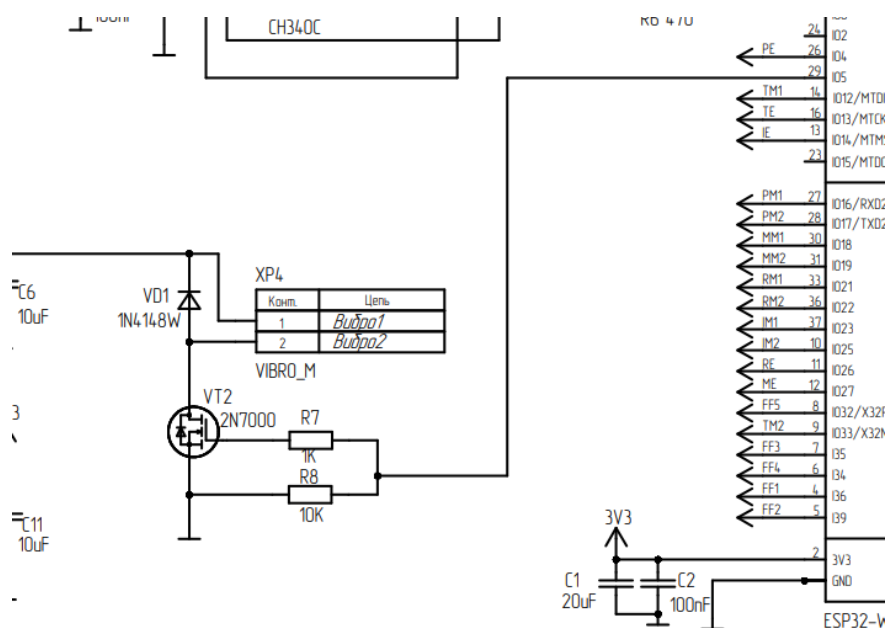


Рисунок 3.1 - Принципиальная электрическая схема участка цепи

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим p-n переходом

Задание на расчёт

ДАНО

1. Структура: полевой транзистор с управляющим $p - n$ переходом на основе кремния с каналом n -типа электропроводности и двумя затворами (рисунок 3.2).

2. Геометрические размеры канала: толщина $d=1$ мкм, ширина $Z=500$ мкм, длина $L=25$ мкм.

3. Электрические параметры: концентрация донорной примеси в канале $N_D = 6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, концентрация акцепторной примеси в p -областях затворов $N_A = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

ОПРЕДЕЛИТЬ

1. Основные электрические параметры: сопротивление полностью открытого канала $R_{СИ \text{ отк}}$, напряжение отсечки $U_{ЗИ \text{ отс}}$, ёмкость затвора $C_{ЗИ}$, максимальную частоту работы f_{max} .

2. Передаточную характеристику и связанные с нею параметры: начальный ток стока $I_{\text{Снач}}$, напряжение насыщения $U_{СИ \text{ нас}}$, крутизну характеристики передачи.

Порядок расчёта

1. Определяем основные электрические параметры.

$$W = d - 2 \sqrt{\frac{2 \varepsilon \varepsilon_0 (U_{ЗИ} + \varphi_k)}{q N}} \quad (1)$$

2. Сопротивление полностью открытого канала при $U_{ЗИ} = 0$ и $U_{СИ} = 0$. Находим, используя выражение удельное сопротивление исходного материала находим по заданной концентрации донорной примеси в канале с помощью графика (рисунок 3.3).

$$\rho_n = 1 \text{ Ом} \cdot \text{см} \quad (2)$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
22

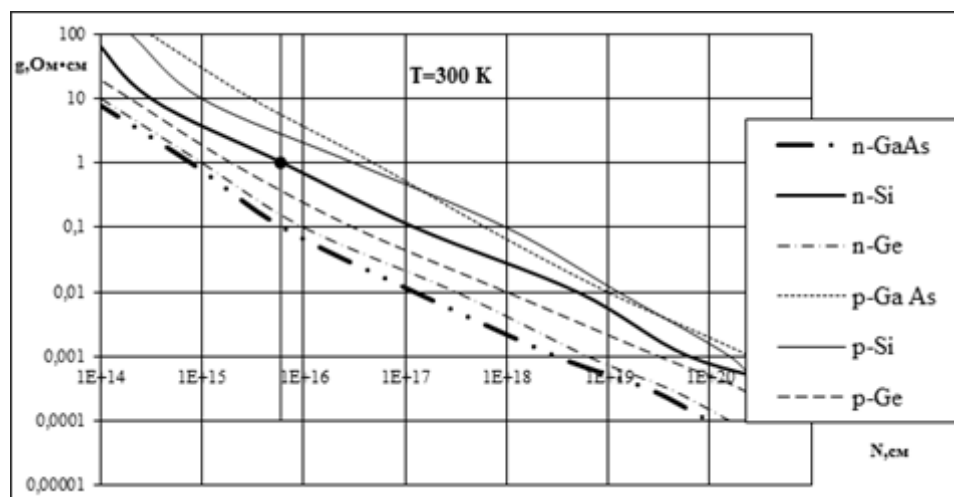


Рисунок 3.2. - Концентрации донорной примеси в канале силового Р-канального транзистора SI2301DS

$$R_{cu} = \frac{\rho_n L}{dZ} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{500 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 10^{-4}} = 500 \text{ Ом} \quad (3)$$

Напряжение отсечки определяем по формуле

$$U_{зиотс} = \frac{d^2 q N}{8 \epsilon \epsilon_0} - \varphi_K \quad (4)$$

где

$$\varphi_K = \frac{kT}{q} - \ln \frac{n_n \cdot p_p}{n_i^2} \quad (5)$$

$$\varphi_K = 1.6 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3} \quad (6)$$

φ_K - собственная концентрация носителей заряда. В кремнии собственная концентрация носителей заряда равна. - постоянная Больцмана $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} = 300 \text{ К}$ - заряд электрона, $= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Тогда будет равно

$$\varphi_K = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}} \ln \frac{6 \cdot 10^{15} \cdot 10^{18}}{(1,6 \cdot 10^{10})^2} = 0,0259 \cdot \ln \frac{6 \cdot 10^{33}}{2,56 \cdot 10^{20}} = 0.8 \text{ В}$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата
----	------	--------	-------	------

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

$$U_{\text{3Horc}} = \frac{(1 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{8 \cdot 8,86 \cdot 10^{-14} \cdot 12} - 0,8 = 1,5 \text{ B}$$

Диэлектрическая проницаемость кремния =12

Ёмкость затвора рассчитаем, как барьерную ёмкость p - n перехода при напряжении на затворе $U_{зи} = 0$ для резкого перехода, что справедливо в случае неглубокой диффузии, когда градиент концентрации примеси в p - n переходе велик, или в случае сплавной технологии образования затвора, получаем

$$C_{311} = A \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_D}{2 \varphi_k}} = Z l \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_D}{2 \varphi_k}} = 500 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{8.86 \cdot 10^{-14} \cdot 12 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{2 \cdot 0.8}} = 1.25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{1.02 \cdot 10^{-15}}{1.6}} = 3.157 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} = 3,157 \text{ пФ} \quad (6)$$

Максимальную (рабочую) частоту можно найти по формуле

$$f_{\max} = (2\pi R_{\text{сн}} \cdot C_{\text{зи}})^{-1} \quad (7)$$

3.2 Расчёт передаточной характеристики начинают с определения начального тока стока с помощью соотношения

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi R_{\text{сн}} \cdot C_{\text{сн}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 3,15 \cdot 10^{-12}} = 100 \text{ МГц} \quad (8)$$

$$I_{C \text{ нач}} = \frac{(U_{\text{зи отк}} + \varphi_{\text{с}})}{3R_{\text{си отк}}} \left(1 - \frac{\varphi_{\text{к}}}{U_{\text{зи отк}} + \varphi_{\text{с}}} \right)^2 = \frac{1.5 + 0.8}{3 \cdot 500} \left(1 - \frac{0.8}{1.5 + 0.8} \right)^2 = 0.65 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 0.65 \text{ mA} \quad (9)$$

Передаточная характеристика на участке насыщения рассчитывается согласно выражению

$$I_C = I_{C_{\text{нач}}} \left(1 - \frac{U_{3И}}{U_{3И \text{ отс}}} \right)^2 \quad (10)$$

Задавая значения $U_{3и}$ найдём значения I_C

Таблица 3.1 - Результаты 1

начального тока стока с помощью соотношения

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi R_{\text{си}} \cdot C_{\text{зи}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 3,15 \cdot 10^{-12}} = 100 \text{ МГц} \quad (8)$$

$$I_{\text{с нач}} = \frac{(U_{\text{зи отс}} + \varphi_{\text{г}})}{3R_{\text{си отс}}} \left(1 - \frac{\varphi_{\text{к}}}{U_{\text{зи отс}} + \varphi_{\text{к}}} \right)^2 = \frac{1.5 + 0.8}{3 \cdot 500} \left(1 - \frac{0.8}{1.5 + 0.8} \right)^2 = 0.65 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0.65 \text{ мА} \quad (9)$$

Передаточная характеристика на участке насыщения рассчитывается согласно выражению

$$I_{\text{с}} = I_{\text{с нач}} \left(1 - \frac{U_{\text{зи}}}{U_{\text{зи отс}}} \right)^2 \quad (10)$$

Задавая значения $U_{\text{зи}}$ найдём значения $I_{\text{с}}$

Таблица 3.1 - Результаты 1

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

24

U _{зи} , В	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
I _с , мА	0,000000	0,000003	0,000012	0,000026	0,000046	0,000072	0,000104	0,000142
U _{зи} , В	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
I _с , мА	0,000185	0,000234	0,000289	0,000350	0,000416	0,000488	0,00056	

$$S = \frac{2I_{с\text{нач}}}{U_{\text{зиотс}}} \left(1 - \frac{U_{\text{зи}}}{U_{\text{зиотс}}} \right) \quad (11)$$

Крутизну передаточной характеристики находим, подставив в выражение формулу

$$I_c = I_{с\text{нач}} \left(1 - \frac{U_{\text{зи}}}{U_{\text{зиотс}}} \right)^2 S = \left(\frac{2I_{с\text{нач}}^{\frac{1}{2}}}{U_{\text{зиотс}}} \right) \cdot I_c^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										25
Лу	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата						

На участке насыщения в зависимости от тока стока получаем

Таблица 3.2 - Результаты 2

I _с , мА	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
S, мА/В	0	0,152019	0,240362	0,339924	0,41632	0,480725	0,537467	0,588765
I _с , мА	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
S, мА/В	0,635939	0,679848	0,721087	0,760093	0,797192	0,83264	0,866639	0,899354

Задаваясь напряжением на затворе, находим напряжение насыщения между стоком и стоком с помощью выражения

$$U_{СИ_{НАС}} = U_{ЗИ_{ОТС}} - U_{ЗИ} \quad (13)$$

Таблица 3.3 - Результаты 3

U _{зи} , В	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
U _{СИ нас} В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
U _{зи} , В	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,7
U _{СИ нас} В	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	0,8

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.						Лист
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					26	

4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Описание конструкции

Устройство выполнено в виде отдельного конструктивного блока РЭА на рисунке 4.1

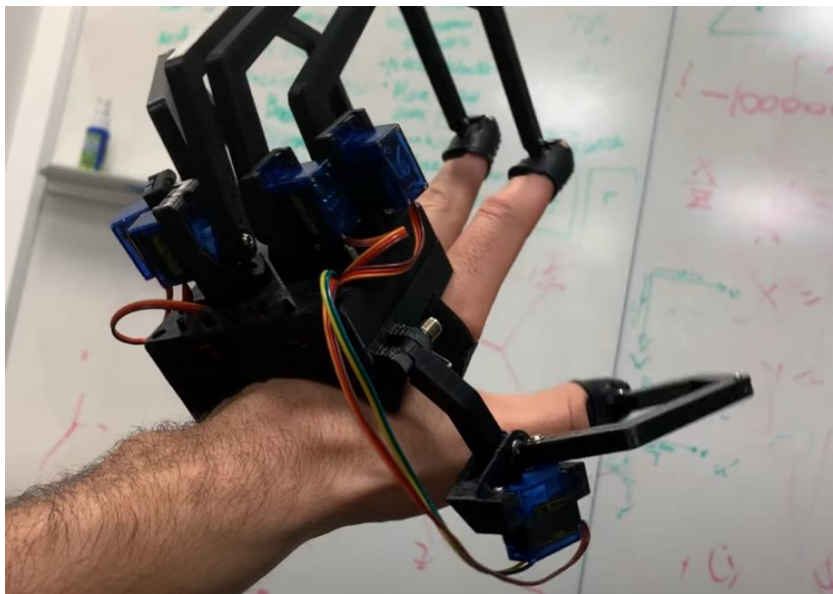


Рисунок 4.1 – внешний вид перчатки

При анализе заводских аналогов была выявлена самая главная проблема. Средняя стоимость решений от компаний составляет от 250тыс рублей. Наша задача, при меньшей себестоимости разработать устройство, которое не потеряет основного функционала.

При этом, так же предъявляются следующие требования к конструкции прототипа:

- Автономная работа
- Малый удельный вес устройства
- Беспроводная связь

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
27

4.2 Автономность

Одним из ключевых элементов, обеспечивающих автономность устройства, является отсутствие необходимости подключения к стационарным источникам питания через провода. Это особенно важно в нашем случае, поскольку наше устройство будет использоваться для виртуальных симуляций, где для достижения максимальной погруженности желательно избежать любых препятствий или ограничений для пользователя.

Исходя из вышеуказанных причин, мы приняли решение оснастить устройство аккумуляторной сборкой, состоящей из аккумуляторов 18650. Выбранные аккумуляторы имеют емкость 3000мАч, что позволяет обеспечить устройству достаточную энергию для продолжительной работы без необходимости подключения к сети электропитания. (Рисунок4.2)

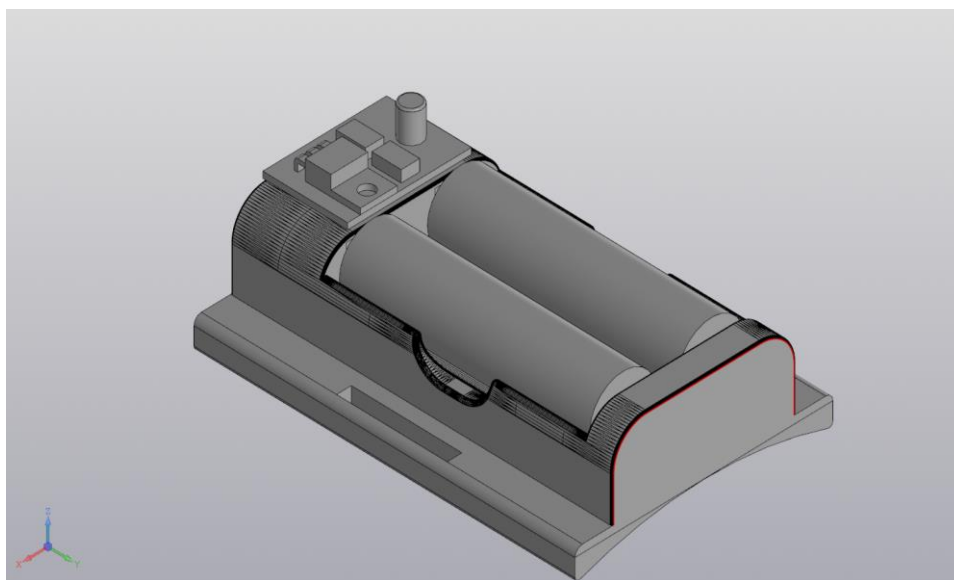


Рисунок 4.2 – 3Д модель блока питания

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										28
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата						

4.3 Эргономика и развесовка

При использовании устройства необходимо обеспечить комфортное ощущение пользователю даже при длительной работе с ним. В процессе разработки перчатки особое внимание было уделено анатомическим особенностям среднего человека, чтобы создать корпус, который обеспечивает оптимальный уровень комфорта при использовании. Детально продуманная эргономика корпуса позволяет снизить вероятность возникновения дискомфорта или усталости при взаимодействии с устройством на протяжении длительного времени. (Рисунок 4.3)

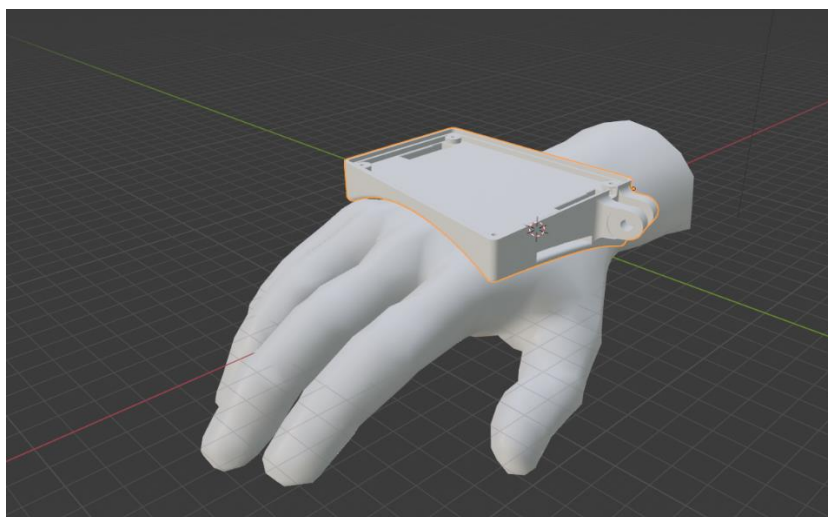


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

Одним из важнейших аспектов эргономики являются габаритные и весовые характеристики устройства. Эти параметры ограничивают возможности автономности устройства. Поскольку было принято решение использовать аккумуляторную сборку для питания, размещение ее в корпусе оказалось невозможным.

Во-первых, устройство стало бы слишком громоздким при таких габаритах. Во-вторых, вес блока питания составляет 260 грамм, а с учетом массы других компонентов и корпуса общий вес составляет 430 грамм. Такой вес может вызвать значительный дискомфорт уже после 15 минут активного

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
29

использования, поскольку запястье будет нести на себе значительную часть нагрузки.

Исходя из вышеупомянутых причин, было принято решение вынести блок питания за пределы корпуса устройства. Детали конструкции блока питания представлены на рисунке 4.3. Однако использование длинного провода также может быть неудобным, поэтому сборка аккумуляторов будет крепиться к предплечью пользователя. Это не только решит проблему с весом, но и позволит равномерно распределить нагрузку по всей руке (Рисунок 4.4).

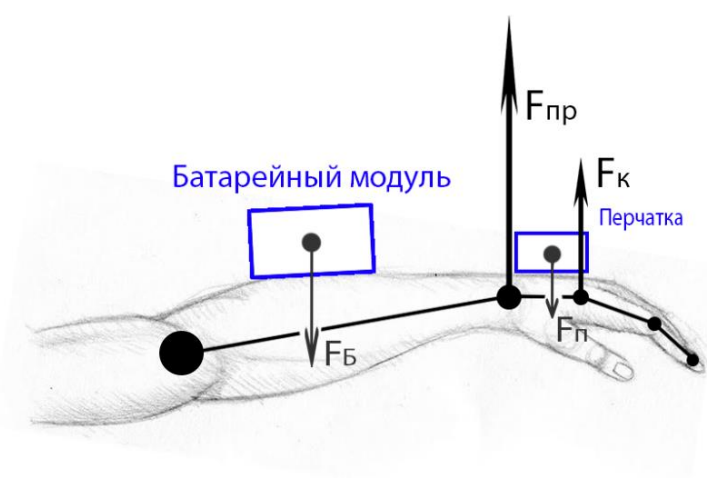


Рисунок 4.4 – Распределение нагрузки

4.4 Беспроводная связь

В целях обеспечения полной автономности перчатки, необходимо, помимо использования переносного источника энергии, также организовать беспроводную связь с внешними устройствами. С этой целью был выбран ESP32 в качестве микроконтроллера, который обладает встроенными функциями Wi-Fi и Bluetooth, что обеспечивает возможность установки беспроводной связи между перчаткой и другими устройствами. Кроме того, ESP32 имеет контакты для аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
30

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дудл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

- объективную оценку качества изделий при их постановке на производство, в процессе производства и при техническом обслуживании;
- прогнозирование гарантированного срока службы.

Критерием качества радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры (сокращенно ЭА) являются: электрические параметры аппаратуры, габаритные размеры, масса, стоимость, надёжность и др. Эти параметры в свою очередь определяются совокупностью схемотехнических, конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Под качеством понимается степень совершенства изделий ЭА, оцениваемая соответствием требований потребителя и возможностям производителя.

Задачи испытаний. Проведение испытаний должно выявлять:

- недостатки конструкции и технологии изготовления аппаратуры, которые не позволяют ей выполнить целевую функцию в условиях эксплуатации
- отклонения от конструкции или технологии, допущенные производством
- скрытые случайные дефекты материалов, элементов конструкции, не поддающиеся обнаружению при существующих методах технического контроля
- резервы повышения качества и надежности разрабатываемого конструктивно-технологического варианта изделия.

Испытания служат эффективным средством выявления скрытых случайных дефектов материалов и элементов конструкции, не обнаруженных методами технического контроля. Результаты испытаний, а именно количественные показатели уровня качества и надежности аппаратуры, используются разработчиком системы, в которой данная аппаратура будет функционировать.

По результатам испытаний изделий в производстве разработчик РЭА устанавливает причины снижения качества. Если эти причины установить не

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	<div style="text-align: right; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</div>					Лист
												33
	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата							

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

- | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Инд. № дубл. | Взам. инд. № | Подп. и дата |
| | | | | |

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

испытания изделий единичного производства – для решения вопроса о целесообразности передачи этих изделий в эксплуатацию.

Испытания готовой продукции. К чему относят: квалификационные, предъявительские, приемосдаточные, периодические, инспекционные, типовые, аттестационные и сертификационные.

Квалификационные испытания проводятся уже на установочной серии или первой промышленной партии ЭА, т.е. на стадии освоения производства ЭА. Целью их является оценка готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме.

Предъявительские испытания ЭА проводятся обязательно службой технического контроля предприятия-изготовителя перед предъявлением ее для приемки представителем заказчика, потребителем заказчика, потребителем или другими органами приемки.

Приемосдаточные испытания проводятся в основном производстве. Это контрольные испытания изготовленной продукции при приемочном контроле. Приемосдаточные испытания, как правило, проводятся изготовителем продукции. Если на предприятии – изготовителя имеется представитель заказчика, приемосдаточные испытания проводятся им в присутствии представителя – изготовителя.

Периодические испытания проводятся с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска. Проводят периодические испытания продукции в объеме и в сроки, установленные нормативно-техническими документами (НТД). Этот вид контрольных испытаний обычно проводится каждый месяц или квартал, а также в начале выпуска ЭА на заводе – изготовителе и при возобновлении производства после временного его прекращения. Результаты периодических испытаний распространяются на все партии, выпущенные в течение определенного времени. Периодические испытания включают в себя такие испытания, при которых вырабатывается часть ресурса ЭА (длительная вибрация,

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

информации о характеристиках свойств объекта в такой же интервал времени, как и в предусмотренные условия эксплуатации.

Ускоренные испытания – это такие испытания, методы и условия, проведения которых обеспечивают получение необходимой информации о качестве ЭА в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях.

Сокращенные испытания проводятся по сокращенной программе.

По виду воздействия. Испытания ЭА в соответствии с внешними воздействующими факторами делят на: механические, климатические, тепловые, радиационные, электрические, электромагнитные, магнитные, химические (воздействие специальных сред), биологические.

По результату воздействия различают неразрушающие, разрушающие, стойкость, прочность, устойчивость.

Разрушающие испытания. Испытания называется разрушающим, если в процессе их применяются разрушающие методы контроля или воздействующие на объект внешние факторы приводят к непригодности его для дальнейшего применения.

По определяемым характеристикам объекта. Одной из важнейших характеристик ЭА, определяемой в процессе испытаний объекта, является надежность. Надежность как свойство ЭА закладывается при разработке ЭА и обеспечивается в процессе ее изготовления.

5.3 Климатические испытания и испытательное оборудование

Климатические испытания проводят для проверки работоспособности и сохранения внешнего вида изделий в пределах, установленных в НТД или ТЗ, в условиях после воздействия климатических факторов. Климатические испытания в серийном производстве изделий обычно проводятся периодически (через 1-3 месяца). Они занимают важное место в технологии и системе контроля качества готовых изделий. Требуемая стойкость ЭА к воздействиям климатических факторов закладывается на этапе

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Автом

38

Л/у	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Первому методу испытаний подвергаются не теплорассеивающие изделия, температура которых в процессе эксплуатации зависит только от температуры окружающей среды, второму – теплорассеивающая ЭА, которая в рабочем состоянии нагревается за счет выделяемой мощности под действием электрической нагрузки. Изделия, отобранные для испытаний, должны удовлетворять требованиям ТУ по внешнему виду и по значениям контролируемых параметров.

При испытании под совмещенной нагрузкой изделия помещают в камеру и испытывают под нормальной или максимально допустимой для данных изделий электрической нагрузкой, соответствующей верхнему значению температуры внешней среды, устанавливаемой в зависимости от степени жесткости испытаний (таблица 5.1).

Таблица 5.1 - Данные температур в зависимости от степени жесткости

Степень жесткости	I	IV	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII
Температура, °С	40	50	70	85	100	125	155	200	250	315

В отечественной практике время испытания на повышенные температуры определяется временем, необходимым для достижения испытываемым изделием теплового равновесия.

В зарубежной практике степень жесткости определяется не только температурой испытаний, но и временем, выдержки при этой температуре и выбирается из ряда 2, 16, 72, 96 ч. Возможны два способа проведения испытаний теплорассеивающих изделий.

1. При первом способе достижение заданного температурного режима изделий определяют контролем температуры воздуха в камере, которая устанавливается равной верхнему значению температуры окружающей среды при эксплуатации (указанной в ТУ).

2. При втором способе достижение заданного температурного режима изделий определяют контролем температуры участка (узла) изделия, который

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
											40
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата							

имеет наибольшую температуру или является наиболее критичным для работоспособности изделия.

Испытание первым способом возможно, когда объем камеры достаточно велик. Чтобы имитировать условия свободного обмена воздуха, в камере отсутствует принудительная циркуляция воздуха или ее охлаждающим действием нужно пренебречь. Проведение испытания по первому способу возможно также в случае, когда температура перегрева участка (узла) изделия, определенная в нормальных климатических условиях (вне камеры), не превышает 25°C и разность заданной температуры воздуха в камере при испытании и температуры нормальных климатических условий не превышает 35°C. В остальных случаях испытания теплорассеивающих изделий следует проводить вторым способом.

При испытании изделий только под термической нагрузкой их выдерживают при данной температуре в течение заданного времени. Измерение параметров испытываемых изделий производят после достижения теплового равновесия без извлечения изделий из камеры. Для проведения измерения изделия подключают к наружным коммутационным цепям измерительной системы. Если измерение параметров без извлечения из камеры технически невозможно, то допускаются изъятие изделия из камеры для измерения. Однако время измерения не должно превышать 3 мин, если другое значение времени специально не оговорено в ТУ. Для испытания на повышенные температуры применяют специальные камеры тепла, которые должны обеспечивать в случае необходимости подачи электрической нагрузки и измерение параметров – критерий годности ЭА в процессе испытаний.

Размещение датчиков контроля температуры при испытании тепло рассеивающей ЭА должно быть таким, чтобы учитывалась возможность влияния составляющих ее изделий друг на друга. Тогда при установлении температурного режима выходные измерительные приборы будут показывать истинную температуру контролируемых изделий. Для испытания ЭА на

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	<div style="text-align: right; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</div>					Лист
											41
Ли	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата							

воздействия повышенной температуры используют отечественной промышленностью камеры тепла объемом от 0,55 до 1м и диапазоном температур 20°C – 300°C.

Испытание на воздействия пониженных температур.

Испытание на воздействия пониженных температур проводят с целью проверки параметров изделий в условиях воздействия низкой температуры внешней среды, а также после пребывания их в этих условиях. Изделия помещают в камеру холода, после чего устанавливают нижнее значение температуры по ТУ (таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Степень жесткости испытаний на холодоустойчивость

Степень жесткости	III IV XII XIII	IV	XII	XIII
Температура, °C	-10	-25	-45	-60

Время выдержки при заданной температуре выбирают в зависимости от установленной жесткости испытаний из временного ряда значений, приведенных в ТУ. Испытания проводят в камерах холода. Температура стенок камеры после достижения температурной стабильности не должно отличаться от температуры испытания более чем на 8 %.

Испытания на влагуустойчивость.

Различают два вида испытания на влагуустойчивость:

1. Длительное, проводится с целью определения способности изделий сохранять свои параметры в условиях и после длительного воздействия влажности.
2. Кратковременное, проводится с целью оперативного выявления грубых технологических дефектов в серийном производстве и дефектов, которые могли возникнуть в предшествующих испытаниях.

Оба вида испытаний на влагуустойчивость могут проводиться в циклическом (с конденсацией влаги) или непрерывном (без конденсации

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										42
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

влаги) режимах. Конкретный метод испытания устанавливается в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Степени жесткости испытаний на влагоустойчивость в зависимости от условий эксплуатации изделий

Степень жесткости	Верхнее значение	Среднемесячные значения в наиболее теплый и влажный период и продолжительность их воздействия в течение года при эксплуатации изделий	
		Значение	Продолжительность, мес.
I	80% при 25°C и более низких температурах без конденсации влаги	65% при 20°C	12
II, III	98% при 25°C и более низких температурах без конденсации влаги	80% при 20°C	2
IV	100% при 25°C и более низких температурах без конденсации влаги	80% при 20°C	6
V	100% при 25°C и более низких температурах с конденсацией влаги	90% при 20°C	12
VI VII	98% при 25°C и более низких температурах без конденсации влаги	80% при 27°C	3 12
VIII	100% при 35°C и более низких температурах с конденсацией влаги	90% при 27°C	12

Циклический режим испытания характеризуется воздействием повышенной влажности при циклическом изменении температуры воздуха в камере. В результате создаются условия для выпадения росы на наружных поверхностях изделий (при быстром снижении температуры) и последующего ее испарения (в период повышения температуры), что способствует интенсивному развитию процессов коррозии.

При снижении температуры в камере влага может проникать внутрь изделий через различные микроканалы в сварных, паяных швах, в местах соединения материалов.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Лу	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

44

Если имеющиеся на предприятии камеры не обеспечивают быстрого изменения температуры, то тот же самый эффект можно достигнуть за счет быстрого переноса изделий из камеры, где проводились испытания изделий при верхнем значении температуры, в другую – с пониженной температурой. В непрерывном режиме испытаний не предусматривается конденсации влаги на изделиях, поэтому непрерывные испытания проводят при постоянных значениях температуры и влажности в камере. Изделия помещают в камеру влажности и выдерживают при определенной температуре. Время выдержки изделий при заданной температуре определяется необходимостью достижения изделием теплового равновесия. Затем относительную влажность воздуха в камере повышают до $95 \pm 3\%$ и далее поддерживают ее и температуру постоянными в течение всего времени испытания.

Испытание на влагоустойчивость проводят в специальных камерах тепла и влаги. Существуют различные испытательные установки, отличающиеся габаритными размерами, точностью поддержания режима, диапазоном характеристик. Учитывая, что незначительные изменения температуры сопровождаются значительными колебаниями относительной влажности, следует применять установки с точностью регулировки температуры по сухому термометру $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$, а по влажному – от $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ до $-0,2^{\circ}\text{C}$. Понижение температуры более чем на $0,5^{\circ}\text{C}$ при высокой относительной влажности и повышенной температуре может привести к выпадению росы, что является недостатком установки.

Если на потолке и стенках камеры образуются капли конденсированной влаги, то они не должны попадать на испытываемое изделие. Для этого над изделиями следует устанавливать двускатный навес из некорродируемого материала. Помимо того, изделия при испытаниях следует располагать в камере таким образом, чтобы капли конденсированной воды не попадали с одних изделий на другие. Стенки и детали, находящиеся внутри камеры, должны быть устойчивыми к коррозионному действию влажности, воспроизводимой камерой. Для измерения влажности воздуха и газов применяют различного типа гигрометры.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<div style="text-align: right; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</div>					Лист
										45
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата						

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

6.1 Общие положения

Задачей экономической части дипломной работы является расчёт затрат на изготовление изделия «Перчатка с обратной тактильной связью» при серийном производстве на предприятии.

Расходы предприятия - это расходы, связанные с изготовлением и продажей продукции, приобретением и перепродажей товаров, выполнением работ или оказанием услуг. С совокупность всех расходов предприятия, возникающих в процессе переработки материально-производственных запасов для целей производства продукции и её продажи.

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов;

При этом по элементу «Материальные затраты» отражается стоимость покупных основных и вспомогательных материалов, изделий, топлива, энергии, услуг производственного характера сторонних организаций. Их стоимость формируется исходя из цен приобретения (без учёта НДС), включая наценку (надбавку), комиссионное вознаграждение, оплату брокерских и иных посреднических услуг. Оплата труда и отчисления на социальные нужды отражаются только применительно к персоналу основной деятельности.

Элемент «Амортизация основных фондов» учитывает величину амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, сумма которых, определяется на основании их балансовой стоимости и действующих норм амортизации. В элемент

«Прочие затраты» включаются некоторые виды сборов и платежей, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ и другие.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<p>При этом по элементу «материальные затраты» отражается стоимость</p> <p>покупных основных и вспомогательных материалов, изделий, топлива, энергии, услуг производственного характера сторонних организаций. Их стоимость формируется исходя из цен приобретения (без учёта НДС), включая наценку (надбавку), комиссионное вознаграждение, оплату брокерских и иных посреднических услуг. Оплата труда и отчисления на социальные нужды отражаются только применительно к персоналу основной деятельности.</p> <p>Элемент «Амортизация основных фондов» учитывает величину амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, сумма которых, определяется на основании их балансовой стоимости и действующих норм амортизации. В элемент</p> <p>«Прочие затраты» включаются некоторые виды сборов и платежей, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ и другие.</p>
					<p>ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</p>
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Лист</p> <p>46</p>

В процессе анализа учитывается удельный вес каждого элемента затрат в общей сумме себестоимости, исходя из особенностей тех или иных отраслей. Затраты, формирующие себестоимость продукции, составляют подавляющую часть расходов предприятия. Поэтому их величина напрямую влияет на размер прибыли, получаемой предприятием.

Расчет затрат на элементную базу

Для расчета затрат на элементную базу необходимо составить перечень необходимых элементов и рассчитать их стоимость. В таблице 6.1 перечислены элементы, необходимые для создания прототипа прерчатки:

$$\mathbb{U}\mathfrak{g} = \sum \mathfrak{g} * \mathbb{P} \quad (14)$$

Где: Цэ - цена элементов (руб.);

$\sum \varepsilon$ – количество элементов;

P – цена одного элемента (руб.)

Таблица 6.1 - Список деталей

№	Название	Цена за партию с НДС 20% (руб)	Количество деталей в партии (Ед)	Цена за деталь (руб)	Количество деталей на единицу изделия	Цена на единицу изделия (руб)
1	печатная плата jlcpcb 5шт	1 789,2	5	357,8	1	357,8
2	Датчик давления FSR400	187,2	1	187,2	5	936,0
3	Сервопривод sg90 5шт	1 208,4	5	240	5	1 208,4
4	Шлейф 1.2мм 9жил 2м	223,2	2	111,6	1.5	167,4
5	Винт с шестигранной головкой ISO7380 M2,5x16	181,2	50	3,6	5	18,1
6	Винт с шестигранной головкой ISO7380 M2x10	141,6	50	2,8	5	14,2
7	3x4x6 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8	343,1	1	343,1	1	343,1
8	3x4x4 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8	274,1	1	274,1	4	1096,3
9	3x4x16 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8	343,1	1	343,1	1	343,1
10	Плоский вибромотор BVM 1027 10мм 3В для Arduino проектов CT Retail	180,0	1	180,0	1	180,0

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Автом

47

Продолжение таблицы 6.1 - Список деталей

11	микроконтроллер Wi-Fi ESP WROOM 32	312,0	1	312,0	1	312,0
12	CH340C, Преобразователь интерфейса USB в UART [SOP-16]	118,8	1	118,8	1	118,8
13	USBL6-2SC6, Защита интерфейса USB от электростатических разрядов [SOT-23-6]	30,0	1	30,0	1	30,0
14	LM7805Стабилизатор напряжения, линейный,нерегулируемый, 5В, 2,2А	240,0	1	240,0	1	240,0
15	AMS1117-3,3, Линейный регулятор с малым падением напряжения, 1А, 3,3В [SOT-223]	10,8	1	10,8	2	21,6
16	2N7000, Транзистор, N-канал, 60В, 0.2А [TO-92]	8,4	1	8,4	1	8,4
17	1N4148W, Диод 100В 0.15А [SOD-123]	3,6	1	3,6	1	3,6
18	B5819WS, Диод Шоттки 40В 1А [SOD-323]	4,8	1	4,8	1	4,8
19	GNL-0805SRC, Светодиод красный SMD 0603 9-15мКд 120° 660нм	14,4	1	14,4	1	14,4
20	GNL-0805GC, Светодиод зеленый SMD 0603 7-12мКд 120° 567нм	14,4	1	14,4	1	14,4
21	S8050, Транзистор NPN 25В 0.5А HFE=120...400 0.3Вт [SOT-23-3]	4,8	1	4,8	2	9,6
22	Конденсатор керамический smd 10 мкФ X5R 16В 10% 0805	8,4	1	8,4	7	58,8
23	0,1мкф X7R 100в 10% (0805) Чип керам,конденсатор TCC0805X7R104K101FT	2,4	1	2,4	13	31,2
24	Тонкопленочный ЧИП-резистор 0805 100кОм +0.1% 0.125Вт - 55°С...+155°С	7,2	1	7,2	5	36,0
25	RS-05K202JT, ЧИП-резистор 0805 2кОм ±5% 0.125Вт -55°С...+155°С	3,6	1	3,6	2	7,2
26	Резистор постоянный SMD 0805 10K 0.5% / RT0805DRE0710KL	2,4	1	2,4	4	9,6
27	0.125Вт 0805 470 Ом, 1%, Чип резистор (SMD)	4,8	1	4,8	2	9,6
29	47346-0001, Разъем micro USB-B	168,0	1	168,0	1	168,0
30	XT30PW-M, Разъем питания штекер на плату угловой 2pin	216,0	1	216,0	1	216,0
31	XT30U-F, Вилка питания DC XT30 "мама" провод под пайку Цвет желтый	168,0	1	168,0	1	168,0
32	Плата модуля питания TP5100 для управления зарядкой	51,6	1	51,6	1	51,6
33	Аккумулятор li-ion, 3000 мАч, 5 шт	1 184,4	5	1 184,4	2	473,8
34	Батарейный отсек для аккумуляторов 2 x 18650 Li-ion	159,6	1	159,6	1	159,6
35	Стяжки на липучке, ремешок фиксатор 5шт.	552,0	5	552,0	2	220,8
36	Защитные накладки на кончики пальцев для гитары 10 шт	430,8	10	430,8	5	215,4
Итого		8592,3		5764,5		7267,6

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист
48

6.2 Расчет стоимости материалов

Основные материалы, используемые на единицу изделия и расчет затрат на них приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Список материалов

№	Наименование материалов	Единицы измерения	Количество единиц m_i	Цена за единицу изделия C_i , руб	Стоимость в руб. $m_i * C_i$
1	Спирто-нефрасовая смесь	л	0,07	38	2,66
2	Припой Прв КР2 ПОС – 61	кг	0,03	283	8,49
3	Флюс ФКС 40%	кг	0,02	6	0,12
4	Лак УР – 231. Т2.4	л	0,02	370	7,4
6	Сплав Розе	кг	0,001	420	0,42
7	Канифоль сосновая	кг	0,16	300	48
8	Краска МКЭ черная	л	6,0	10	60
9	Клей ВК - 9	кг	0,008	56	0,448
10	Пластик для 3D принтера PLA Geekfilament 1.75мм,	кг	0,2	257	51,4
	Итого				178,94

Стоимость сырья и материалов на единицу проектируемого изделия, необходимых для изготовления, рассчитывается по формуле:

$$CM = \sum_{i=1}^m K_{Mi} * C_{Mi} = 178,94 \text{руб.} \quad (15)$$

где:

K_{Mi} - количество материалов

C_{Mi} - цена за единицу материала, руб.

m – количество, наименований материалов.

Расчет стоимости оборудования

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.					
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ				
					Лист				
					49				

6.3 Стоимость оборудования

Производим расчёт оборудования, необходимого для организации работы:

Таблица 6.3 - Список оборудования

№	Название	Цена в том числе с НДС, руб.
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2	26 330
2	Термовоздушная паяльная станция МЕГЕОН 00550 к0000020550	13 566,0
3	Лампа для местного освещения	2 500
4	Лупа 5X на струбцине с подсветкойRexant 31 - 0532	5 300
5	Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant BT G-BT-1.2	16 769
6	Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010	7 369
7	Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N	2 726
8	Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный,	43 990,0
9	3D-принтер Flying Bear Ghost 5,	21 863,3
10	Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754	5 554,0
11	Набор отверток из стали S2 KBT Мастер HO-06-S 78622	729,0
12	JIMI JM-GNT80 80 в 1 прецизионные отвертки многофункциональные	3 398,0
13	Автоматический цифровой мультиметр Вымпел VC835 5228	2 231,0
14	Набор шарнирно-губцевого инструмента Tactix Ergo 204025, 5 предм.	3 623,0
15	Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600	21 650,0
	Итого	177598

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО)

Производим расчёт стоимости программного обеспечения, необходимого для организации работы:

Таблица 6.4 - Список ПО

№	Название	Цена в том числе с НДС, руб.
1	КОМПАС-3D v19	169 000
2	Altiumdisigner	600 000
3	Visual Studio Code	0
	Итого	769 000

6.5 Расчет фонда заработной платы

Для расчета основной заработной платы производственных рабочих, занимающихся сборкой и монтажом проектированного изделия, данные представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Фонд оплаты труда

Профессия и разряд рабочего	Количество часов за смену	Часовая тарифная ставка	Основная заработная плата за смену ЗПо
Радиомонтажник VI разряда	8	350	2800
Инженер программист	8	500	4000
Регулировщик VI разряда	8	450	3600
Сборщик VI разряда	8	250	2000
Итого:			12400

Для расчета дополнительной заработной платы производственных рабочих, занимающихся сборкой и монтажом проектированного изделия, данные представлены в таблице 6.6.

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.						Лист 51
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

Таблица 6.6 - Дополнительная оплата труда

Профессия и разряд рабочего	Основная заработная плата за смену	Процент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата за смену ЗПд
Радиомонтажник VI разряда	2800	30%	840
Инженер программист	4000	30%	1200
Регулировщик VI разряда	3600	30%	1080
Сборщик VI разряда	2000	30%	600
Итого:			3720

Суммарная заработная плата (основная и дополнительная) производственных рабочих, данные представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Итоговый фонд оплаты труда

Профессия и разряд рабочего	Основная заработная плата за смену	Дополнительная заработная плата за смену	Суммарная заработная плата за смену $ЗП_o + ЗП_d$
Радиомонтажник VI разряда	2800	840	3640
Инженер программист	4000	1200	5200
Регулировщик VI разряда	3600	1080	4680
Сборщик VI разряда	2000	600	2600
Итого:	12400	3720	16120

Чтобы рассчитать страховую часть с заработной платы, прежде всего необходимо определить вид страхования и выплату по нему, данные представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 - страховая часть с заработной платы

Профессия и разряд рабочего	Единый тариф по страховым взносам ЕСВ 30%
Радиомонтажник VI разряда	1092
Инженер программист	1560
Регулировщик VI разряда	1404
Сборщик VI разряда	780
Итого:	3108

Подп. и дата	
Взам. инб. №	
Инб. № дубл.	
Подп. и дата	
Инб. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Данные для расчёта НДФЛ представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 - Налогообложение

Профессия и разряд рабочего	НДФЛ 13%
Радиомонтажник VI разряда	473,2
Инженер программист	676
Регулировщик VI разряда	608,4
Сборщик VI разряда	338
Итого	2095,6

Определяем фонд оплаты труда (ФОТ) за смену по каждому работнику, чтобы в дальнейшем определить затраты по заработной плате на единицу изделия, данные приведены в таблице 6.10.

$$\text{ФОТ} = \text{ФОТ} = \text{ЗПосн.} + \text{ЗПдоп.} + \text{ЕСВ}$$

Таблица 6. 10 - Оплата труда за смену

Профессия и разряд рабочего	Кол-во изделия в смену	ФОТ	ФОТ на единицу изделия
Радиомонтажник VI разряда	1 шт.	4732	4732
Инженер программист	1 шт.	6760	6760
Регулировщик VI разряда	1 шт.	6084	6084
Сборщик VI разряда	1 шт.	3380	3380
Всего ФОТ по всем работникам на ед.изделия	1 шт.	20956	20956

6.6 Расчёт амортизации основных фондов

Амортизация – есть денежное выражение износа.

Норма амортизации в месяц:

$$H_a = (1 / t) * 100\%$$

$$H_a = (1 / 5 * 12) * 100\% = 1,67\%$$

Сумма амортизации в месяц:

$$A = (F_n * H_a) / 100\%$$

Сумма амортизации на единицу изделия:

$$A_{\text{ед.из}} = A / K_{\text{р.д}}$$

где: $K_{\text{р.д}}$ – количество рабочих дней в месяц.

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

Таблица 6.11 - Амортизация

№	Название	Цена в том числе с НДС, руб. Фп	Срок использования оборудования мес.	Сумма амортизации и в месяц.	Сумма амортизации и в день	Сумма амортизации и на единицу продукции
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2	26 330	60	438,8	14,6	14,6
2	Термовоздушная паяльная станция МЕГЕОН 00550 к0000020550	13 566,0	40	339,2	11,3	11,3
3	Лампа для местного освещения	2 500	60	41,7	1,4	1,4
4	Лупа 5X на струбине с подсветкойRexant 31 - 0532	5 300	60	88,3	2,9	2,9
5	Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant BT G-BT-1.2	16 769	60	279,5	9,3	9,3
6	Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010	7 369	60	122,8	4,1	4,1
7	Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N	2 726	60	45,4	1,5	1,5
8	Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный,	43 990,0	24	1832,9	61,1	61,1
9	3D-принтер Flying Bear Ghost 5,	21 863,3	24	911,0	30,4	30,4
10	Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754	5 554,0	60	92,6	3,1	3,1
11	Набор отверток из стали S2 KBT Мастер HO-06-S 78622	729,0	80	9,1	0,3	0,3
12	ЛІМІ JM-GNT80 80 в 1 прецизионные отвертки многофункциональные	3 398,0	60	56,6	1,9	1,9
13	Автоматический цифровой мультиметр Вымпел VC835 5228	2 231,0	40	55,8	1,9	1,9
14	Набор шарнирно-губцевого инструмента Tactix Ergo 204025, 5 предм.	3 623,0	80	45,3	1,5	1,5
15	Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600	21 650,0	40	541,3	18,0	18,0
	Итого:	177 598		4900,2	163,3	163,3

6.7 Расчёт постоянных затрат

Затраты на оплату силовой электроэнергии, потребляемой оборудованием.

$$Z_{\text{с.эл.}} = k * P_{\text{об}} * n * T_{\text{см}} * C_{\text{кВт-ч}} \text{ (руб.)}$$

где: k – коэффициент, учитывающий неравномерность использования оборудования, k = 0,65;

$P_{\text{об}}$ – суммарная мощность оборудования, кВт;

n – число смен работы в сутки;

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

54

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дата

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, час.;

$C_{\text{кВт-ч}}$ – стоимость одного кВт электроэнергии, руб. (4,79руб.)

Таблица 6.12 - Затраты на электроэнергию

№	Название	Мощность оборудования кВт	Силовая электроэнергия (за смену) $З_{\text{с.эл.}}$	Силовая электроэнергия (за ед.изделия) $З_{\text{с.эл.}}$
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2	0,054	1,35	1,35
2	Станция паяльная термовоздушная + паяльникLUKEY - 868	0,75	18,68	18,68
3	Лампа для местного освещения	0,1	2,49	2,49
4	Лупа 5X на струбине с подсветкойRexant 31 - 0532	0,011	0,27	0,27
5	Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant BT G-BT-1.2	0,054	1,35	1,35
6	Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010	0,4	9,96	9,96
7	Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N	0,66	16,44	16,44
8	Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный,	0,065	1,62	1,62
9	3D-принтер Flying Bear Ghost 5,	0,3	7,47	7,47
10	Прямошлифовальная машинка Ryobi ЕНТ150V 5133000754	0,15	3,74	3,74
11	Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600	0,3	7,47	7,47
	Итого:		70,84	70,84

6.8 Расчёт себестоимости изделия

Составляем калькуляцию себестоимости на единицу изделия (таблица 6.13):

Таблица 6.13 - Итоговая стоимость

Статьи затрат на единицу изделия	Затраты на единицу изделия
Стоимость материалов	178,94
Затраты на элементную базу	7267,6
Фонд оплаты труда	20956
Амортизация оборудования	163
Затраты на электроэнергию	70,84
Всего:	28636,38

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

55

6.9 Вывод по разделу

Благодаря проведённым расчётам мы можем увидеть, что именно влияет на стоимость готового изделия, реализуемого на рынке, а также в какой степени.

В нашем случае, более всего на себестоимость влияют такие статьи расходов, как:

- Материальные расходы;
- Оплата труда;

Материальные расходы, что в процентном соотношении от общей себестоимости готового изделия, составляют 71% и оплата труда, составляющую 23%. В сумме, дают 94% от себестоимости. Это говорит нам о том, что для уменьшения себестоимости изделия, в первую очередь необходимо рассматривать именно эти две статьи.

В случае с материальными расходами, большую часть от суммы этой статьи берут расходы на детали. А если быть более точными, то 98,99%. Уменьшить расходы по этой статье можно путём изменения конструкции и геометрических размеров деталей или выбором более дешёвых материалов, без потерь в качестве и прочности самих деталей, а также их функциональности.

В результате проведённой работе нам стало понятно, что именно необходимо скорректировать в затратах на наше изделие, для его наилучшего позиционирования на рынке.

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	56

7.2. Производственная безопасность

7.2.1 Микроклимат

Благоприятные метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям и приведены в Таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Оптимальные параметры микроклимата рабочего места

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В офисе имеется искусственная вентиляция, состоящая из вытяжной и приточной вентиляции, что позволяет производить циркуляцию воздуха в помещении.

7.2.2 Естественная освещенность

Помещение не имеет источников естественного освещения, но оборудовано дополнительными источниками – люминесцентными лампами. Поэтому в работе рассматриваем только естественную освещенность.

Правильное освещение помещений и рабочих зон одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. При недостаточной освещенности развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

					ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист 58
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата		

брака, повышается опасность производственного травматизма, низкая освещенность способствует развитию близорукости.

Рабочая зона или рабочее место разработчика освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении отсутствует естественное освещение. По нормам освещенности и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности при работе за персональным компьютером представлено в Таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Нормирование освещённости для работы за ПК

1.	Характеристика зрительных работ	Высокой точности	
1.	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм.	От 0,3	От 0,5
2.	Разряд зрительной работы	Б	
3.	Подразряд зрительной работы	1	2
4.	Относительная продолжительность зрительной работы, %	Более 70	Менее 70
5.	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	300	200
6.	Цилиндрическая освещенность, лк	100	75
7.	Показатель дискомфорта	40	60
8.	Коэффициент пульсации освещенности, %	15	20
9.	КЕО при верхнем освещении, %	3,0	2,5
10.	КЕО при боковом освещении, %	1,0	0,7

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Лш	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата

Лу	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Луст
61

1111

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Таблица 7.5 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Параметр	Предельно допустимая энергетическая экспозиция, МГц				
	$\geq 0,03 - 3,0$	$\geq 3,0 - 30,0$	$\geq 30,0 - 50,0$	$\geq 50,0 - 300,0$	$\geq 300,0 - 300000,0$
По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	20000,0	7000,0	800	800	-
По магнитной составляющей $(А/м)^2 \times ч$	200	-	0,72	-	-
По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \times ч$	-	-	-	-	200

Для обеспечения меньшего электромагнитного излучения использован жидкокристаллический монитор. Необходимо учитывать расстояние до монитора, так как при большем расстоянии от человека оказывается меньшее влияние. В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, необходимо ограничивать его стенами, т.е. ставить в углу. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а также необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

7.2.5 Выделение вредных веществ

В работе присутствует этап прототипирования, который основывается на создании деталей при помощи лазерного станка и 3D - принтера.

При работе 3D - принтера выделяются вредные вещества, которые не значительно влияют на здоровье человека. По ГН 2.2.5.1313-03 для акрилонитрила (C_3H_3N), которые входят в состав АВС-пластика:

- Величина предельно допустимая концентрация: 5 мг/м^3 ;
- Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства: а – аэрозоль;
- Класс опасности: не опасное.

Так как величина предельно допустимой концентрации 5 мг/м^3 для уменьшения концентрации можно провести вентиляцию над рабочей зоной или периодически проветривать помещение.

При нагревании и испарении пластиков в процессе лазерной резки возникают вредные вещества в виде мельчайших твердых частиц размером от

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.	Лист	62
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение по.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

8 ОХРАНА ТРУДА

8.1 Охрана окружающей среды

Правовую основу охраны окружающей среды в стране составляет закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991). Требования охраны окружающей среды зафиксировано в Основах законодательства РФ «Об охране здоровья граждан» (1993) и в законе РФ «О защите прав потребителей» (1992).

Основным видом нормативно-правовых актов по охране окружающей среды является система стандартов “Охрана природы”, имеющая номер 17 и состоящая из 10 комплексов.

При использовании персональных компьютеров, требуют решения такие важные вопросы, как переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов). При переработке устаревших компьютеров происходит их разборка на шесть составляющих компонентов: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Для повторной эксплуатации нельзя использовать ни одну из отработанных деталей, так как нет гарантии ее надежности, но в форме вторичного сырья они используются при изготовлении новых компьютеров или каких-либо других устройств. Так же компоненты ПК содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

При эксплуатации ПК расходуются такие ресурсы, как электроэнергия (обеспечение питания компьютера), бумага, используемая для принтера при выводе информации, картриджи. Для того, чтобы добиться наиболее рациональных затрат электроэнергии не следует оставлять включенным персональный компьютер и оргтехнику, когда они не

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	65

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5. Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации.

[illegible]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы было продемонстрировано успешное создание и испытание действующего макета, который позволяет пользователю получать тактильную обратную связь. Данное устройство может быть применено в различных сферах, таких как медицина, игровая промышленность и виртуальная реальность.

В графической части дипломного проекта приведены:

1. Схема электрическая принципиальная перчатки с обратной тактильной связью.
2. Чертеж общего вида перчатки с обратной тактильной связью.
3. Сборочный чертеж печатной платы.
4. Чертеж печатной платы.

Рассмотрены также вопросы экологии, охраны труда и техники безопасности. В процессе проектирования были использованы средства вычислительной техники в объеме: «Microsoft Excel», «Microsoft Word», а также компьютерные программы

«КОМПАС-3D» - программа для проектирования изделий,

«Altium Designer» - программа для проектирования печатных плат

«Visual studio code» - программа для программирования и наладки устройства

Данный проект имеет большой потенциал и может быть дальше развит как в коммерческом секторе, так и для научных исследований. Полученный опыт и знания могут стать основой для создания более продвинутых устройств с обратной тактильной связью, что поможет улучшить качество жизни людей и повысить уровень взаимодействия человека с техникой.

Таким образом, разработка перчатки является важным шагом на пути к совершенствованию технологий и созданию инновационных решений в области электроники и робототехники.

Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Инб. № подл.						ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата		69

Инв. № подл	Подл. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подл. и дата

- | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДР.11.02.14.25.24 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 70 |
| Л/у | Изм. | № докум. | Подп. | Дата | | |

12. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 (ред. От 30.12.2017) "О противопожарном режиме" (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации")
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.» М.: Минздрав России, 2003.
14. СанПиН 2.2.4.3359-16 – Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
16. <https://habr.com/ru/articles/750222/>
Управление сервоприводами, ЧАСТЬ 1. Сервоприводы — устройство и способы управления (Дата обращения 27.05.24)
17. <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/707808/>
Что нужно чтобы не было бабаха? Три составляющих хорошего силового преобразователя. Часть 1 (Дата обращения 27.05.24)
18. <https://microkontroller.ru/arduino-projects/podklyuchenie-datchika-sily-usiliya-k-arduino/>
Подключение датчика силы (усилия) к Arduino (Дата обращения 22.05.24)
19. <https://microkontroller.ru/esp32-projects/ispolzovanie-bluetooth-v-module-esp32/>
Использование Bluetooth в модуле ESP32 (Дата обращения 18.08.24)
20. https://studbooks.net/2466306/prochie_distsipliny/osnovnye_pravila_ekspluatatsii_elektronnoy_apparatury

Подп. и дата		Взам. инб. №		Инб. № дубл.		Подп. и дата		Инб. № подл.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Ли</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Изм.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">№ док-м.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Подп.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Дата</div> </div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; margin: 0 auto;">ДР.11.02.14.25.24 ПЗ</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; text-align: center;">Лист 71</div> </div>									

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- | | | | | | | |
|----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДР.11.02.14.25.24 ПЗ | Лист |
| Ли | Изм. | № докум. | Подп. | Дата | | 72 |