

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. Описание конструкции изделия. Выбор элементной базы (габариты и вес). Расчет функционального узла печатной платы.
4. Произвести расчет технологичности функционального узла.

Содержание расчетно-пояснительной записки.

1. Общий раздел.
2. Описательный технический раздел.
3. Конструкторский раздел.
4. Технологический раздел.
5. Экономический раздел.
6. Экологическая часть.
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 технологическом разделе расчет технологичности функционального узла.

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 .....	20
3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом (рисунок 3.1.) .....	21
3.2 Расчёт передаточной характеристики начинают с определения начального тока стока с помощью соотношения .....	23
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	26
4.1 Описание конструкции .....	26
4.2 Автономность .....	27
4.3 Эргономика и развесовка .....	28
4.4 Беспроводная связь .....	29
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	31
5.1 Цели и задачи испытаний РЭА .....	31
5.2 Виды испытаний РЭА .....	33
5.3 Климатические испытания и испытательное оборудование .....	37
5.4 Испытания на воздействия повышенной температуры и измерение параметров .....	38
6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	45
6.1 Общие положения .....	45
6.2 Расчет стоимости материалов .....	48
6.3 Стоимость оборудования .....	49

6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО) .....	50
6.5 Расчет фонда заработной платы .....	50
6.6 Расчёт амортизации основных фондов .....	52
6.7 Расчёт постоянных затрат .....	53
6.8 Расчёт себестоимости изделия.....	54
6.9 Вывод по разделу .....	55
7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЯ.....	56
7.1. Общие положения .....	56
7.2. Производственная безопасность .....	57
7.2.1 Микроклимат.....	57
7.2.2 Естественная освещенность .....	57
7.2.3 Уровень шума .....	59
7.2.4 Уровень электромагнитных излучений.....	60
7.2.5 Выделение вредных веществ.....	61
7.2.6 Электробезопасность .....	62
8 ОХРАНА ТРУДА .....	64
8.1 Охрана окружающей среды .....	64
8.2 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	69

# 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 использования 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Цель дипломной работы – реализация перчатки который значительно улучшает качество взаимодействия между человеком и управляемым объектом.								
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						ДР.11.02.14.25.24 ПЗ			
					Изм.	№ докум.	Подп.	Дата					
					Разраб.	Шамсиев М.А.							
					Проб.	Загидуллин Р.М.							
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Рецензент	Галиуллин Э.Ф.			Разработка электрической схемы и создание действующего макета «Перчатка с обратной тактильной связью»	Лист	Лист	Листов	
					Н. контр.	Ишметова Л.И.						6	71
					Утв.						ГАПОУ «КРМК» гр. ЭП-460		

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------



Рисунок 1 – Системы управления робототехническими комплексами

Разрабатываемый в данной работе прототип представляет собой специальное устройство, который считывает положение пальцев оператора и сравнивает с управляемым роботом, при возникновении препятствий для выполнений команд оператора, он должен прочувствовать этот фактор благодаря воспроизведению сопротивления встроенными сервоприводами.

Данное устройство относится к категории копирующие биотехнические системы управления.

Это категория, в которой манипулятор робота в точности копирует движение руки оператора. Это довольно удобно, так как человек-оператор может находиться на достаточно большом расстоянии от зоны выполнения работ, где ему может угрожать как опасность самых низких уровней, так и средних, высокой, и смертельной. Также удобным фактором является то, что задачи можно выполнять с масштабированием (например, сантиметровое смещение руки оператора равно 5 см смещения манипулятора).

## 1.2 Описание эксплуатации устройства

Перчатка питается от блока литий-ионных аккумуляторов 18650 расположенного на предплечье пользователя.

Перед использованием необходимо откалибровать перчатку под индивидуальные параметры, это происходит в пять этапов. Каждый этап

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
												8





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.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										10
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата						

## 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

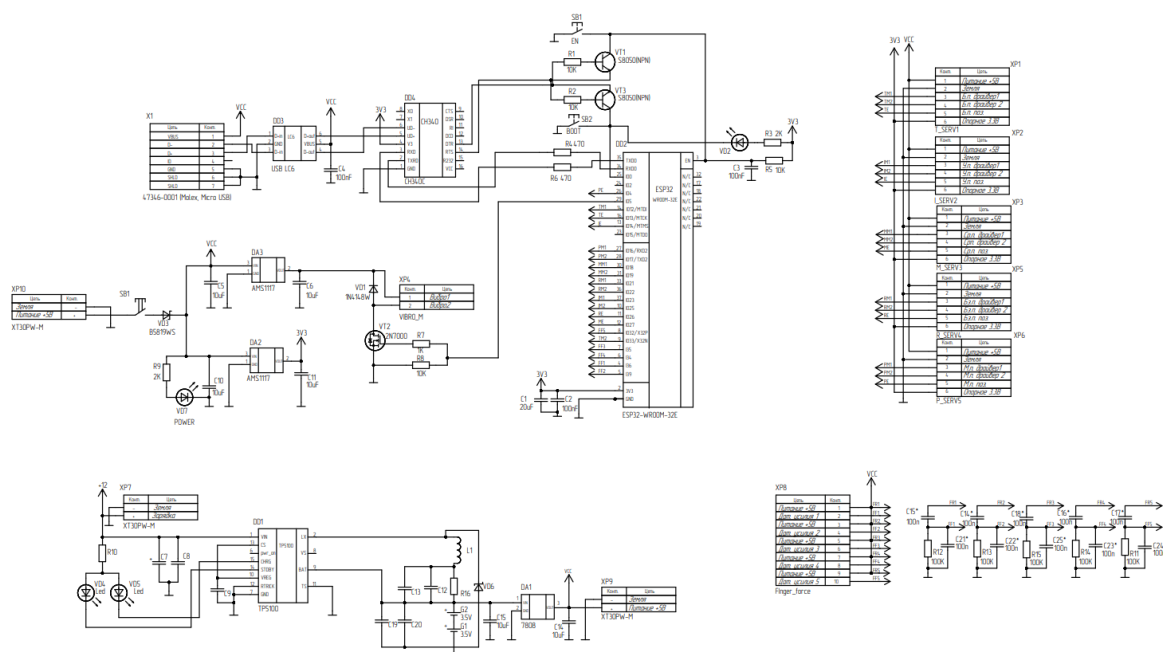


Рисунок 2.1 - Принципиальная перчатки с обратной тактильной связью

Датчики усилия выведены на проводах через разъем ХР8 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. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Л/и Изм. № док. Подп. Дата

Основой вибромодуля является плоский микровибромотор, подключаемый в цепь через провод разъёмом XP4. Мотор работает от напряжения 3.3В и под него выделена отдельная цепь питания. Параллельно мотору подключен защитный диод VD1.

Для управление вибрацией микроконтроллером мы используем N-канальный MOSFET транзистор VT2 который работает в режиме ключа. Для обеспечения работы транзистора используем токоограничивающий резистор R7 и для разрядки затвора транзистора резистор R8.

## 2.1 Техническое описание модификации сервоприводов SG90

Основой данного проекта являются переработанные сервоприводы sg90. Они подключены через шлейф разъемами XP1-XP6. На принципиальной схеме они были пронумерованы индексами T, I, M, R, P в соответствии с английскими наименованиями пальцев.

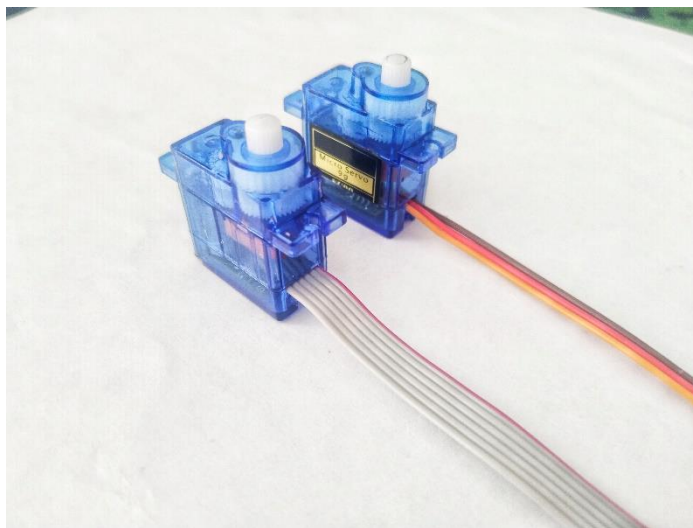


Рисунок 2.2 - Модифицированный и штатный SG90

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
														12
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.

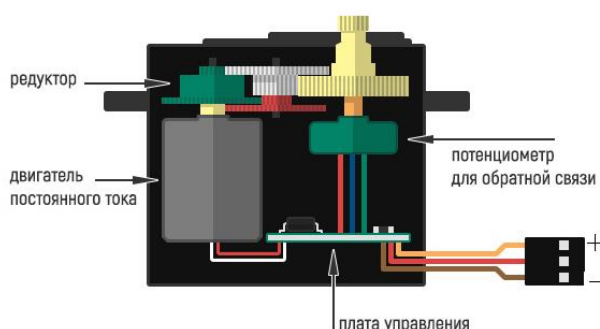


Рисунок 2.3 - Устройство сервопривода

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	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.						13
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

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.

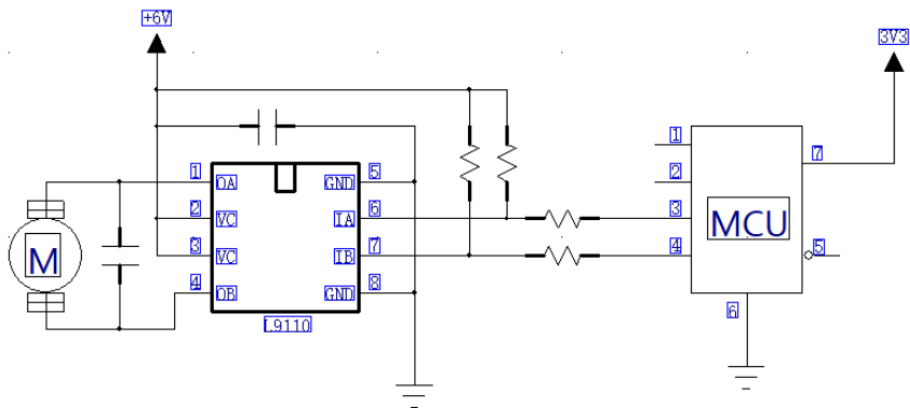


Рисунок 2.4 - Схема модификации SG90

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

Потенциометр сервопривода был изолирован из управляющей платы и получил выводы 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.

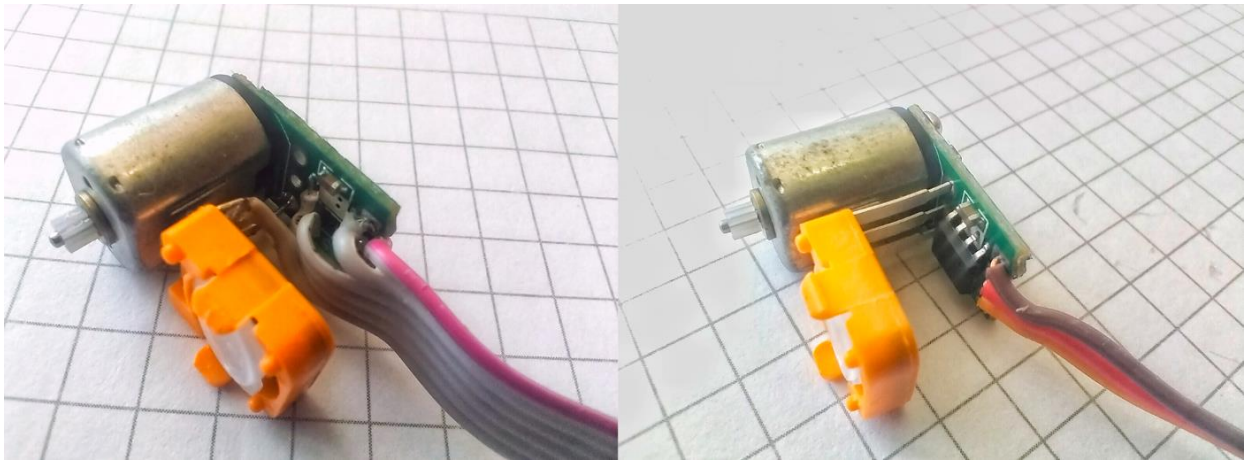


Рисунок 2.5 - Распайка модифицированного и штатного SG90

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					Л/и	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	14

## 2.2 Техническое описание узлов

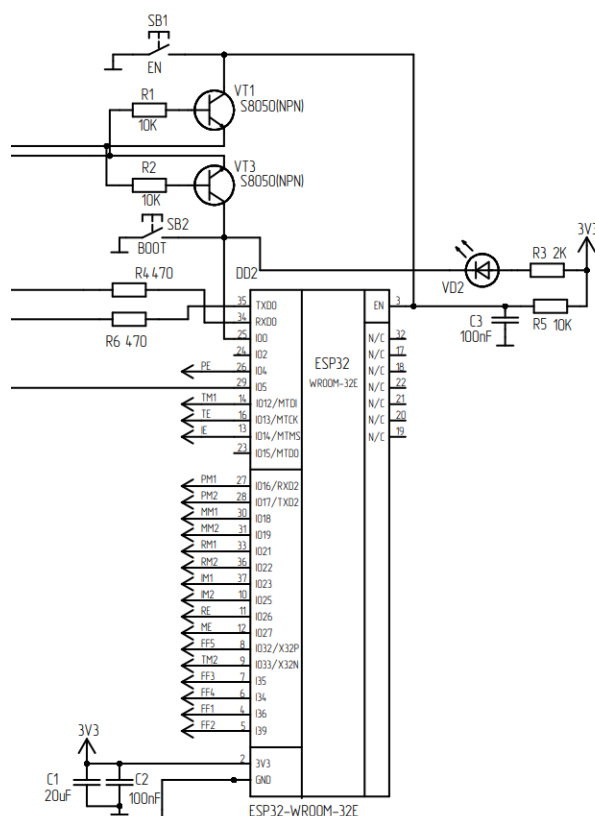


Рисунок 2.6 – принципиальная схема управляющего микроконтроллера

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

/лсч

15

## 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.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					16					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата	





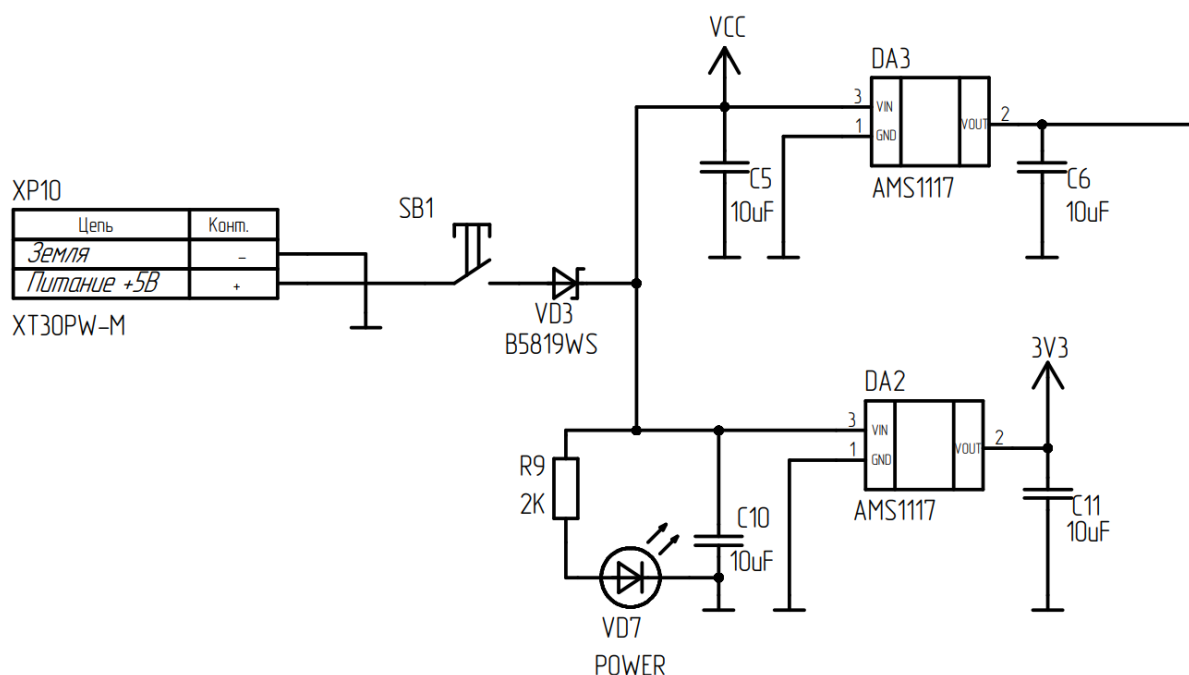


Рисунок 2.8 - Принципиальная схема стабилизирующих цепей на стабилизаторах AMS1117

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. № дудл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Л/и	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

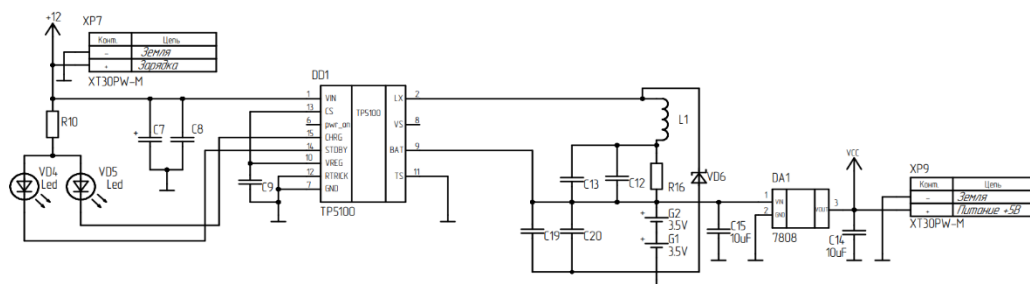


Рисунок 2.9 - Принципиальная схема цепи питания с модулем зарядки

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.

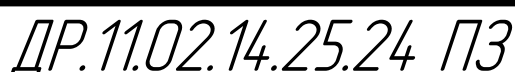
Он имеет несколько функций безопасности для защиты аккумулятора и зарядного устройства от повреждений.

Обвязка микросхемы был выполнен согласно требованиям документации микросхемы TP5100.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Батареи при последовательном соединении обеспечивают напряжение						
								8В, для преобразования этого значения до стабильных 5В используется стабилизатор DA1 LM7805.						
<p>Для зарядки аккумуляторов была построена схема на базе TP5100 - одна из наиболее широко используемых микросхем контроллера зарядки аккумулятора / BMS.</p> <p>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.</p> <p>Он имеет несколько функций безопасности для защиты аккумулятора и зарядного устройства от повреждений.</p> <p>Обвязка микросхемы был выполнен согласно требованиям документации микросхемы TP5100.</p>									ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
														19
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата										

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

Л/	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата



20

### 3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим p-n переходом (рисунок 3.1.)

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  $f_{\text{max}}$ .

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).

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

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
											21

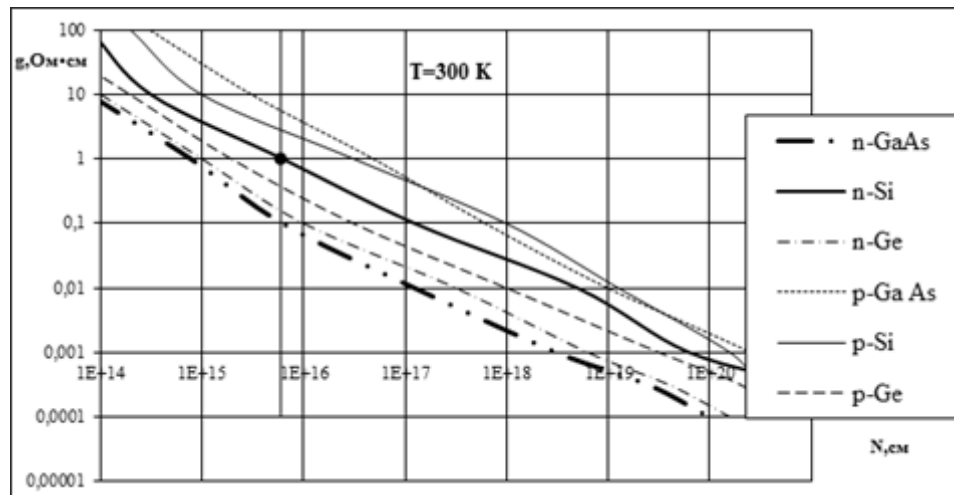


Рисунок 3.2. - Концентрации донорной примеси в канале силового Р-канального транзистора SI2301DS

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

Напряжение отсечки определяем по формуле

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

где

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

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

$\varphi_K$  - 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

$$\varphi_K = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}} \ln \frac{6 \cdot 10^{15} \cdot 10^{18}}{(1,6 \cdot 10^{10})^2} = 0,0259 \cdot \ln \frac{6 \cdot 10^{33}}{2,56 \cdot 10^{20}} = 0,8 \text{ В}$$

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

22

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дата







На участке насыщения в зависимости от тока стока получаем

Таблица 3.2 - Результаты 2

I <sub>с</sub> , 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 <sub>с</sub> , 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 <sub>ЗИ</sub> , В	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
U <sub>СИ НАС</sub> В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
U <sub>ЗИ</sub> , В	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,7
U <sub>СИ НАС</sub> В	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	0,8

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Л/и	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

## 4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Описание конструкции

Устройство выполнено в виде отдельного конструктивного блока РЭА на рисунке 4.1

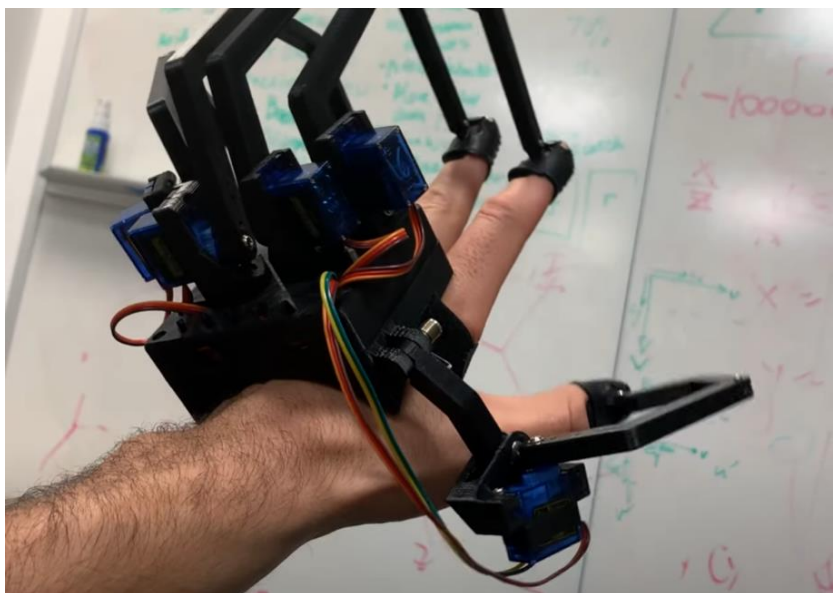


Рисунок 4.1 – внешний вид перчатки

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

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										26
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата	

## 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. (Рисунок 4.2)

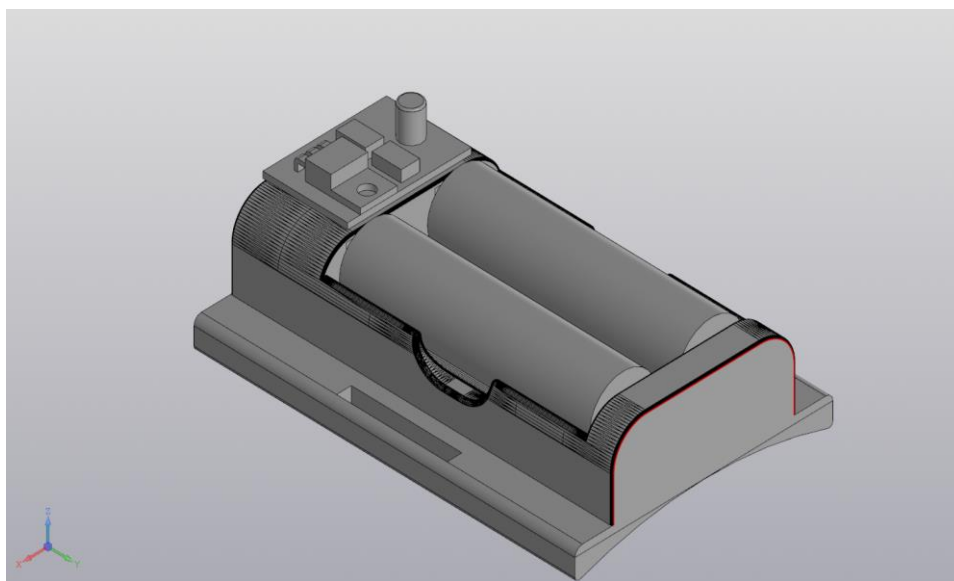


Рисунок 4.2 – 3Д модель блока питания

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										27
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)

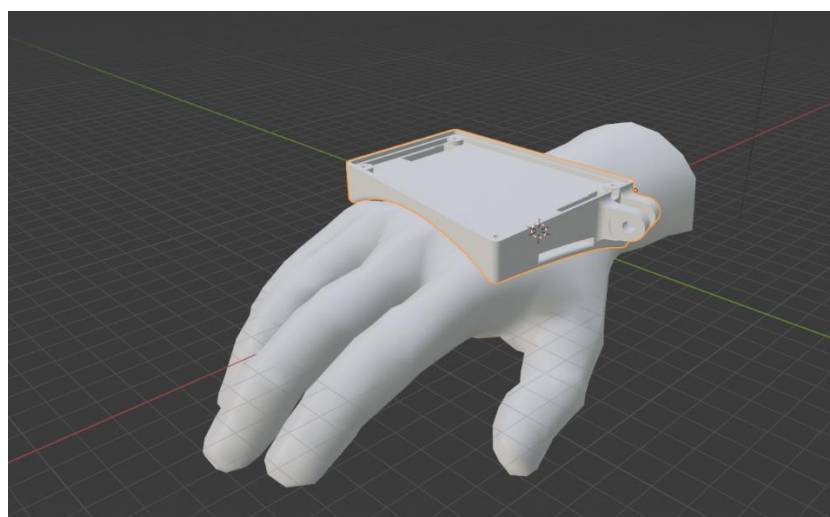


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

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

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

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).

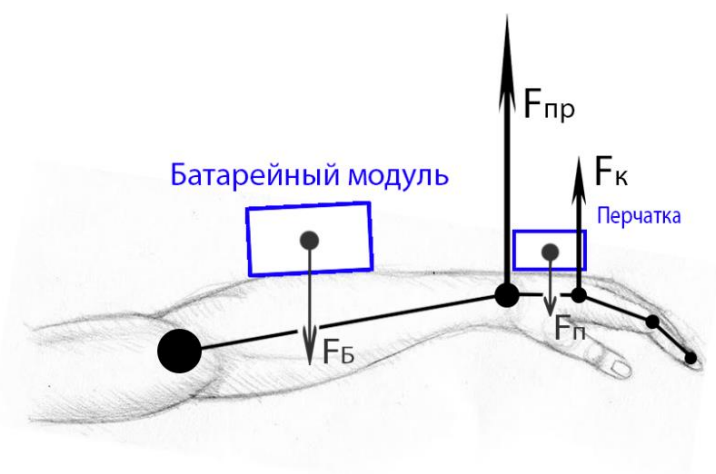


Рисунок 4.4 – Распределение нагрузки

#### 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).

Технология BLE (Bluetooth Low Energy), как следует из ее названия, потребляет значительно меньше энергии чем классический (classic) Bluetooth.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

29

Ли Изм. № док. Подп. Дата

Это достигается при помощи передачи данных по требованию с заранее определенными периодическими обновлениями. Но в отличие от классического Bluetooth технология BLE не используется для передачи файлов или музыки. Наверное, вы были неоднократно удивлены тем, что когда вы подключаете к вашему смартфону какой-нибудь фитнес браслет или умные часы, то вы в своем смартфоне можете посмотреть и уровень заряда батареи подключенного устройства – этот функционал становится доступен благодаря использованию технологии BLE. Данная технология работает вместе с версией Bluetooth V4.0 и может использоваться в серверных или клиентских устройствах, что делает ее чрезвычайно удобной для применения в умных часах, фитнес браслетах и т.д.

Классический Bluetooth, в то же время, достаточно удобен для передачи файлов и других данных. Практически все BLE устройства поддерживают и функционал классического Bluetooth.

Bluetooth, который используется в модулях подобных HC-05, является версией классического Bluetooth и называется Bluetooth SSP (Serial Port Protocol – протокол последовательного порта), что означает то, что в данном случае Bluetooth использует стандартный последовательный протокол.

В данной статье мы будем использовать функционал Serial Bluetooth (последовательного) в модуле ESP32 для его соединения со смартфоном, на котором запущено приложение Bluetooth Terminal. Из данного приложения мы будем передавать команды, с помощью которых мы будем включать/выключать встроенный светодиод модуля ESP32.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
											30
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата							

## 5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1 Цели и задачи испытаний РЭА

Трудно назвать такую область народного хозяйства, прогресс в которой не связан с достижениями в области создания радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. Первостепенное значение для такой аппаратуры имеют показатели качества, определяющие возможность выполнения ею целевой задачи нормального функционирования в заданных условиях в течении требуемого времени наработки. Качество радиоэлектронной аппаратуры обеспечивается ее конструкцией, технологией изготовления и условиями производства.

Этапы проектирования и производства аппаратуры предполагают получение информации, о ее качестве на всех стадиях – от начала проектирования до изготовления в серийном производстве и последующей ее эксплуатации. Существенная роль в этом процессе отводится испытаниям. Результаты испытаний являются основой решений по использованию аппаратуры, совершенствованию ее конструкции и технологии ее изготовления.

Испытания РЭА представляют собой экспериментальное определение при различных воздействиях количественных и качественных характеристик изделий при их функционировании. При этом как сами испытываемые изделия, так и воздействия могут быть смоделированы. Цели испытаний.

Цели испытаний различны на различных этапах проектирования и изготовления РЭА. К основным целям испытания, общим для всех видов РЭА, можно отнести:

- выбор оптимальных конструктивно-технологических решений при создании новых изделий;
- доводку изделий до необходимого уровня качества

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					31					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	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 позволят 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

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Лист
Л/и	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ



удается, совершенствуют методы и средства контроля изделий и технологический процесс их изготовления.

## 5.2 Виды испытаний РЭА

Все испытания классифицируют по следующим принципам: назначению, уровню проведения, этапу разработки, испытаниям готовой продукции, условиям и месту проведения, продолжительности, результату воздействия, определяемым характеристикам объекта.

По назначению. В зависимости от назначения испытания можно разделить на исследовательские, определительные, сравнительные и контрольные.

Исследовательские испытания, не применяются при сдаче готовой продукции и проводятся с целью:

- оценки показателей качества функционирования испытуемого объекта в определенных условиях его применения,
- выбор наилучших режимов работы объекта,
- сравнения множества вариантов реализации объекта при проектировании и аттестации,
- построения математической модели функционирования объекта,
- отбор существенных факторов, влияющих на показатели качества функционирования объекта.

Определительные испытания проводят для определения значений характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и достоверности.

Сравнительные испытания проводят для сравнения характеристик свойств аналогичных или одинаковых объектов, например, для сравнения качества одинаковой ЭА выпускаемой различными предприятиями.

Контрольные испытания проводятся для контроля качества объекта.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										33
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

По уровню проведения. В зависимости от уровня значимости испытаний ЭА их можно разделить на государственные, межведомственные и ведомственные.

К Государственным испытаниям относятся испытания установленных важнейших видов ЭА, проводимые головной организацией по государственным испытаниям, или приемочные испытания, проводимые государственной комиссией или испытательной организацией, которой предоставлено право их проведения.

Межведомственные испытания – это испытания ЭА проводимые комиссией из представителей нескольких заинтересованных министерств и ведомств, или приемочные испытания установленных видов ЭА для приемки составных ее частей, разрабатываемые совместно несколькими ведомствами.

Ведомственные испытания проводятся комиссией из представителей заинтересованного министерства или ведомства.

На этапе проектирования проводят доводочные, предварительные и приемочные испытания.

Доводочные испытания – это исследовательские испытания, проводимые при проектировании изделий с целью оценки влияния вносимых в нее изменений для достижения заданных значений показателей качества.

Предварительные испытания являются контрольными испытаниями опытных образцов и опытных образцов и опытных партий продукции с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания.

Приемочные испытания также являются контрольными испытаниями. Это испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые для решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции (ЭА) на производства и использования ее по назначению. Приемочные испытания опытных образцов или партий ЭА проводятся, как правило, для решения вопроса о целесообразности постановки аппаратуры на производство, а приемочные

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,

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист					
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	35					

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

Лу	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

36

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

36

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
						37					
	Ли					Изм.	№ док.	Подп.	Дата		

проектирования и обеспечивается в производстве. Наиболее достоверную оценку дает опыт эксплуатации или испытания изделий в условиях, имитирующих эксплуатационные воздействия. Электронная аппаратура используется в системах, эксплуатируемых в различных климатических условиях. Поэтому практически невозможно при испытаниях имитировать возможные условия эксплуатации. Многолетний опыт показал, что можно ограничиться определенным комплексом стандартных климатических испытаний. Простые и универсальные, они основаны на эмпирических принципах и, не имитируя реальных условий эксплуатации, позволяет получить нужную информацию в кратчайшие сроки. Это достигается за счет увеличения уровня нагрузок и их длительности.

Климатические испытания ЭА проводятся не только на стадии проектирования, но и при освоении изделий в серийном производстве, а также в серийном производстве для отбраковки потенциально ненадежных изделий (приемосдаточные испытания). Режимы и условия испытаний ЭА устанавливаются в зависимости от степени жесткости, которая, в свою очередь, определяется условиями дальнейшей эксплуатации ЭА в составе систем.

#### 5.4 Испытания на воздействия повышенной температуры и измерение параметров

Испытания на воздействия повышенной температуры проводят с целью определения способности ЭА сохранить свои параметры и внешний вид в пределах норм ТУ в процессе и после воздействия верхнего значения температуры. Различают два метода испытаний ЭА на воздействия повышенной температуры:

- Испытание под термической нагрузкой;
- Испытание под совмещенной термической и электрической нагрузками.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист			
							38			
	Ли						Изм.	№ док.им.	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, °C	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	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
											39
Л/и	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата							

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

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

Ауст

Ли	Изм.	№ докум.	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 влагоустойчивость.

Различают два вида испытания на влагоустойчивость:

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 влагоустойчивость могут проводиться в циклическом (с конденсацией влаги) или непрерывном (без конденсации

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										41
					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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Лист
	Подп. и дата		Инв. № докл.		
	Подп. и дата		Взам. инв. №		
	Подп. и дата		Инв. № докл.		
Инв. № докл.	Инв. № подл.	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Инв. № подл.	Лист
Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	42

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

В условиях кратковременных испытаний на влагоустойчивость при циклическом режиме изделия подвергаются воздействию двух или шести циклов, продолжительность каждого из которых составляет 24 ч. Число циклов устанавливается по ТУ в зависимости от конструкции и назначения изделия. Повышение температуры и влажности при проведении каждого цикла должно быть достаточно быстрым, чтобы обеспечить конденсацию влаги (выпадение росы) на изделиях.

Температура воздуха, °С	Длительное испытание	Длительное испытание	Длительное испытание	Ускоренное испытание	Ускоренное испытание
	III, IV, V	V, VII	VIII	V, VII	VIII
40 ± 2	4	9	21	-	-
55 ± 2	-	-	-	4	9

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

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

Лу	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

44

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



# 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 10К 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	ХТ30PW-М, Разъем питания штекер на плату угловой 2pin	216,0	1	216,0	1	216,0
31	ХТ30U-F, Вилка питания DC ХТ30 "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 наклейки на кончики пальцев для гитары 10 шт	430,8	10	430,8	5	215,4
Итого		8592,3		5764,5		7267,6

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № подл.	Инд. № подл.	Подп. и дата
Инд. № подл.	Инд. № подл.	Подп. и дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

47

Ли Изм. № док. Подп. Дата

## 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

Инд. № подл.	Инд. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата							
Инд. № подл.	Инд. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата							
				ДР.11.02.14.25.24 ПЗ						
				Лист						
				48						
Инд. № подл.	Инд. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № инв.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № инв.	Взам. инв. №
Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	Лист



### 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 струбине 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 ЕНТ150V 5133000754	5 554,0
11	Набор отверток из стали S2 KBT Мастер HO-06-S 78622	729,0
12	ЛІМІ 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

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

Л/и	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
						49

## 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.

<div>Инд. № подл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Взам. инд. №</div> <div>Инд. № дудл.</div> <div>Подп. и дата</div> <div>Инд. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>50</div>				
					ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					
					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 $ЗП_о + ЗП_д$
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

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

51

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Л/и Изм. № докум. Подп. Дата

### 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.

$$\Phi OT = \Phi OT = 3\Pi_{ocH.} + 3\Pi_{доп.} + ECV$$

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:

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

$$Ha = (1 / 5 \cdot 12) \cdot 100\% = 1,67\%$$

Сумма амортизации в месяц:

$$A = (\Phi_{\Pi} * \text{Ha}) / 100\%$$

Сумма амортизации на единицу изделия:

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

где:  $K_{p.d.}$  – количество рабочих дней в месяц.

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 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 1200х685х850 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	JIMI 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;

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

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

53

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Ли Изм. № докум. Подп. Дата

$C_{\text{кВт-ч}}$  – 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 ВТ G-ВТ-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

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

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

54

Ли Изм. № док. Подп. Дата

## 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ	Лист
						55
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист	55
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата		

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

Ли	Изм.	№ докум.	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. № докл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

58

Ли Изм. № док. Подп. Дата

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Луст  
59

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

	Автом
	59

## 59

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется







можно отнести обычные жилые и офисные помещения, кладовые для хранения инструментов, лаборатории, а также производственные цеха приборостроительных предприятий, проект которых изначально предусматривал наличие изолированного пола, мощные воздушные фильтры для устранения пыли и систему регулирования температуры воздуха.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. По помещению, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с токо непроводящими полами и нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Основные технические средства защиты от поражения электрическим током:

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

## 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

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
											64
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата							





первичными материалами или в качестве самостоятельного сырья.

## 8.2 Защита в чрезвычайных ситуациях

На объект могут возникать чрезвычайные ситуации следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение работы, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, неправильная эксплуатация электроприборов и станков, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита—меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией. Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме.

Согласно нормам технологического проектирования, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Данное помещение относится к категории В, производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										66
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
										67

## 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. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
					68					
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата						

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

- |    |      |          |       |      |                      |      |
|----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|    |      |          |       |      | ДР.11.02.14.25.24 ПЗ | Лист |
| Ли | Изм. | № докум. | Подп. | Дата |                      | 69   |

Ауст

69

- 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](https://studbooks.net/2466306/prochie_distsipliny/osnovnye_pravila_ekspluatatsii_elektronnoy_apparatury)

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	ДР.11.02.14.25.24 ПЗ					Лист
											70
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

# ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ (Дата обращения 13.04.24)

21. <https://studfile.net/preview/1427154/>

Определение электронных приборов. Классификация электронных приборов (Дата обращения 13.04.24)

22. [https://studref.com/650471/tehnika/protsess\\_kontrolya](https://studref.com/650471/tehnika/protsess_kontrolya)

Процесс контроля (Дата обращения 13.04.24)

23. <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>

ESP32 (Дата обращения 16.05.24)

24. <https://studfile.net/preview/5336409/>

Техническое обслуживание — мероприятия профилактического характера, проводимые систематически, принудительно через установленные периоды, включающие определённый комплекс работ. (дата обращения 13.04.24)

25. <https://studfile.net/preview/8852340/page:29/>

Контрольно-измерительная аппаратура для измерения побочных электромагнитных излучений и наводок. (дата обращения 13.04.24)

26. [https://ru.wikiversity.org/wiki/Устройства\\_управления\\_мехатронных\\_систем/роботов](https://ru.wikiversity.org/wiki/Устройства_управления_мехатронных_систем/роботов)

Устройства управления мехатронных систем/роботов (Дата обращения 11.05.24)

27. <https://wch-ic.com/products/CH340.html>

Микросхема USB-последовательного порта CH340 (Дата обращения 17.05.24)

28. [https://work.zabgu.ru/faculties\\_dis/GF/RGz\\_17/Метрология%20и%20стандартизация/Лекция%204.pdf](https://work.zabgu.ru/faculties_dis/GF/RGz_17/Метрология%20и%20стандартизация/Лекция%204.pdf)

Лекция 4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (дата обращения 13.04.24)

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	наводок. (дата обращения 13.04.24)
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	26. <a href="https://ru.wikiversity.org/wiki/Устройства_управления_мехатронных_систем/роботов">https://ru.wikiversity.org/wiki/Устройства_управления_мехатронных_систем/роботов</a>
					Устройства управления мехатронных систем/роботов (Дата обращения 11.05.24)
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	27. <a href="https://wch-ic.com/products/CH340.html">https://wch-ic.com/products/CH340.html</a>
					Микросхема USB-последовательного порта CH340 (Дата обращения 17.05.24)
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	28. <a href="https://work.zabgu.ru/faculties_dis/GF/RGz_17/Метрология%20и%20стандартизация/Лекция%204.pdf">https://work.zabgu.ru/faculties_dis/GF/RGz_17/Метрология%20и%20стандартизация/Лекция%204.pdf</a> Лекция 4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (дата обращения 13.04.24)
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инд. №		