

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Н.А. Коклюгина  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

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

Выполнил  
студент специальности  
11.02.14 «Электронные приборы и устройства»

гр. № 460	_____	М.А. Шамсиев
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Руководитель ВКР	_____	Р.М. Загидуллин
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Консультант графической части	_____	Э.Ф. Галиуллин
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Консультант экономической части	_____	Л.И. Ишметова
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Нормоконтроль	_____	Л.И. Ишметова
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Рецензент	_____	А. Р. Насыбулин
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

Казань, 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_  
Н.А. Коклюгина  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Задание  
на выпускную квалификационную работу  
по специальности 11.02.14 Электронные приборы и устройства  
студенту 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. Объяснить цели и задачи испытаний РЭА, пояснить виды испытаний.
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. Технологический раздел.
4. Расчетный раздел.
5. Экономический раздел.
6. Экологическая часть.
7. Охрана труда и ТБ.

Графическая часть.

1. Схема электрическая принципиальная изделия (ЭЗ) - формат-A1.
2. Чертеж общего вида изделия формат (СБ – сборочный чертеж) формат-A1.
3. Сборочный чертеж изделия (печатной платы) – формат-A1.
4. Чертеж печатной платы (трассировка) – формат-A1.

Комплект технологической документации технологический процесс сборки и монтажа  
определенного узла.

Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ 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 Соколов Владислав Сергеевич \_\_\_\_\_  
(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 детализация 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.ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА С РОБОТОМ ИЛИ АВАТАРОМ .....	7
2 ОПИСАТЕЛЬНО ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	9
3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ .....	16
3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом (рисунок 3.1.).....	17
3.2 Расчёт передаточной характеристики начинают с определения начального тока стока с помощью соотношения.....	19
3.3 Вывод по разделу .....	22
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	23
4.1 Описание конструкции.....	23
4.2 Автономность .....	24
4.3 Эргономика и развесовка .....	25
4.4 Беспроводная связь .....	26
4.2 Расчет функционального узла печатной платы .....	27
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	36
5.1 Общие положения .....	36
5.2 Расчет технологичности .....	40
6. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	43
6.1 Общие положения .....	43
6.2 Расчет стоимости материалов.....	47
6.3 Стоимость оборудования .....	48
6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО).....	49
6.5 Расчет фонда заработной платы .....	49

6.6 Расчёт амортизации основных фондов .....	52
6.7 Расчёт постоянных затрат .....	54
6.7 Расчёт себестоимости изделия .....	55
6.8 Вывод по разделу .....	56
7. ОХРАНА ТРУДА И 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

# 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.

Подп. и дата		<p>Цель дипломной работы – реализация перчатки который значительно улучшает качество взаимодействия между человеком и управляемым объектом.</p>	Взам. инв. №	
Инв. № дудл.				
Подп. и дата				
Инв. № подл.				
Инв. № подл.				

					ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ
		Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Шамсиев М. А.			
Пров.					
Рецензент					
Н. контр.					
Утв.					

Лит		Лист	Листов
		5	69
ГАПОУ «КРМК» гр. ЭП-460			

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

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).

Луст
7



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 (обольёт водой), так и средних (попадет в глаза раствором), так и высокой, и смертельной (из-за аварии упадет какой-либо тяжелый агрегат). Также удобным фактором является то, что задачи можно выполнять с масштабированием (например, сантиметровое смещение руки оператора равно 5 см смещения манипулятора).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ	Лист
												8



## 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

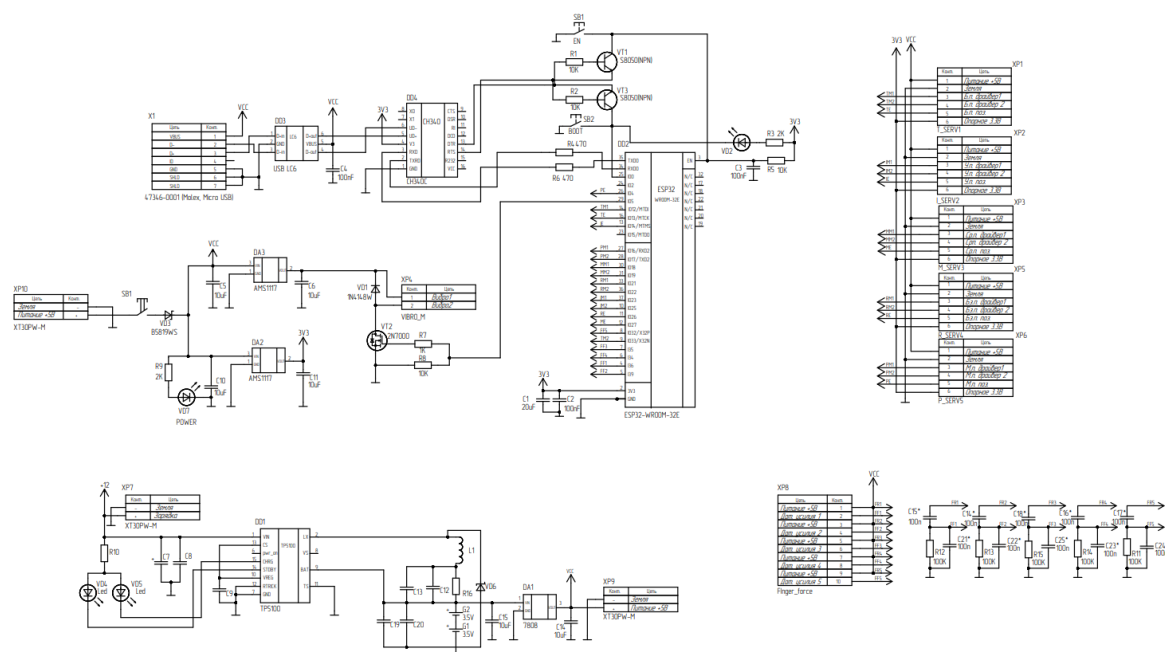


Рисунок 2.1 - Принципиальная перчатки с обратной тактильной связью

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.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

9

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

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

Основой данного проекта являются переработанные сервоприводы sg90. Они подключены через шлейф разъемами XP1-XP6. Они были пронумерованы индексами T, I, M, R, P в соответствии с английскими наименованиями пальцев, далее в описании выводов будет справедливо отнести их каждому из индексов символом «\*»

У них была выпаяна управляющая микросхема, таким образом мы подключаемся к драйверу мотора напрямую получая выводы \*M1 и \*M2.

Потенциометр сервопривода был изолирован из управляющей платы и получила выводы 3.3В и \*E.

Питание пальцевые сервоприводы получают с выводов VCC и GND

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист	
Л/И	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ		10

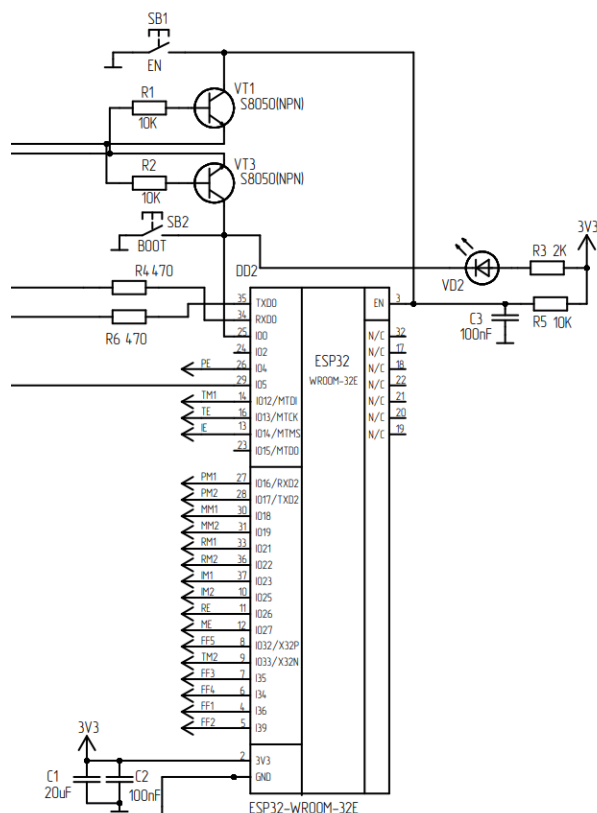


Рисунок 2.2 – принципиальная схема управляющего микроконтроллера

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.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

11

## 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.

**R5 и C3 для стабилизации работы процесса сброса**

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					12					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата	



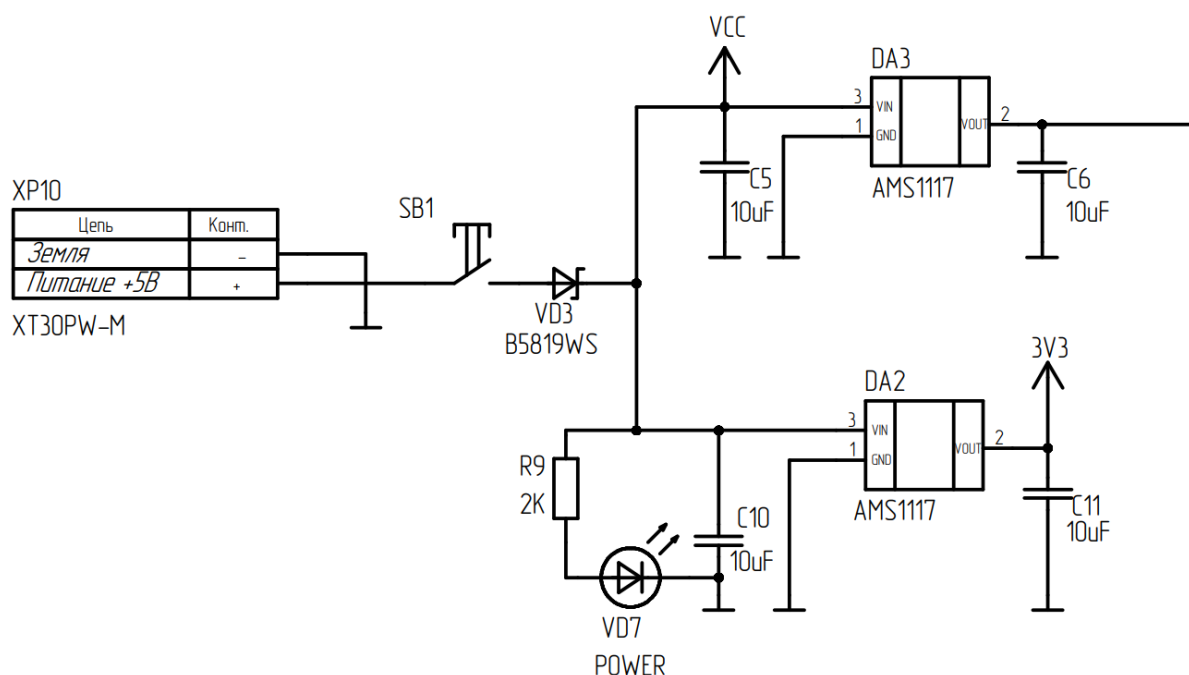


Рисунок 2.4 - Принципиальная схема стабилизирующих цепей на стабилизаторах AMS1117

Питание 5В поступает на плату через разъем XP10. Для контроля мы используем кнопку SB1, он 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. № докл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Л/и	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

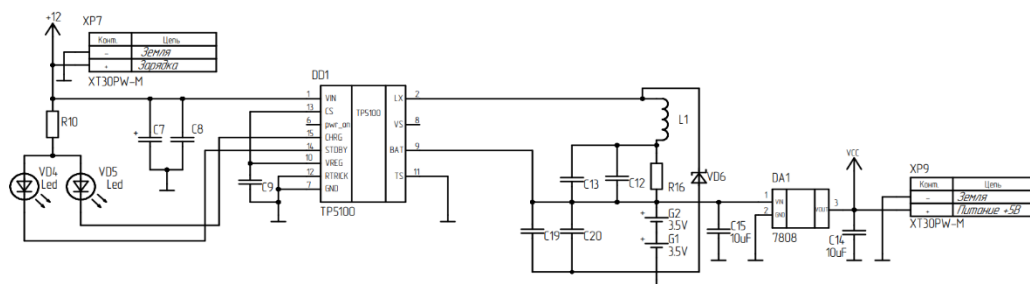


Рисунок 2.5 - Принципиальная схема цепи питания с модулем зарядки

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 был построен на базе микросхемы DD1 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

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

Л/и	Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

15

### 3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Последнее время очень широкого распространения получили полевые транзисторы. Основным достоинством полевого транзистора есть высокое входное сопротивление, которое может быть таким же, как и у электронных ламп, и даже больше.

В данной дипломной работе были рассчитаны основные электрические параметры полевого транзистора (сопротивление полностью открытого канала, напряжение отсечки, ёмкость затвора) и определена передаточная характеристика и связанные с нею параметры (начальный ток стока, напряжение насыщения).

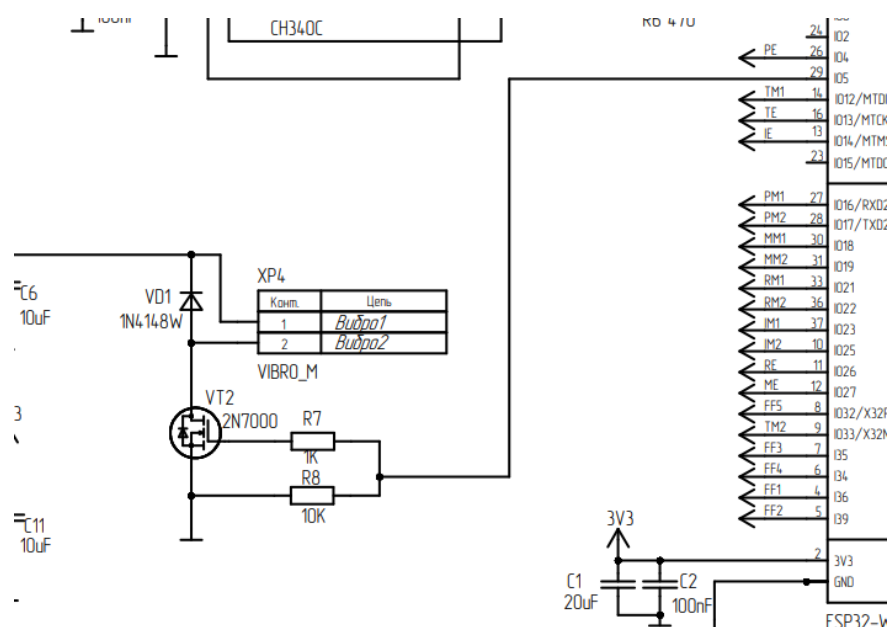


Рисунок 3.1 - Принципиальная электрическая схема участка цепи

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

16



Подг. у Јана

ВЗАМ. УНВ. №

Инв. № дубл.

- Подн. и дама



ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

- 17

- 17

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

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  $U_{\text{СИнас}}$ , крутизну характеристики передачи.

Порядок расчёта

1. Определяем основные электрические параметры.

$$W = d - 2 \sqrt{\frac{2 \varepsilon \varepsilon_0 (U_{\text{ЗИ}} + \varphi_K)}{qN}} \quad (1)$$

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

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

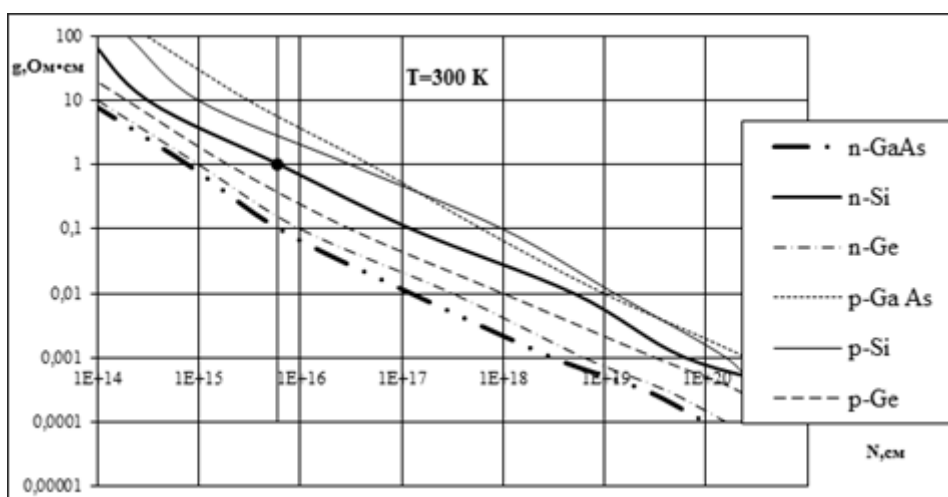


Рисунок 3.3. - Концентрации донорной примеси в канале силового Р-канального транзистора SI2301DS

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

Напряжение отсечки определяем по формуле

$$U_{\text{ЗИотс}} = \frac{d^2 q N}{8 \varepsilon \varepsilon_0} - \varphi_K \quad (4)$$

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

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

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

Диэлектрическая проницаемость кремния = 12

Ёмкость затвора рассчитаем, как барьерную ёмкость  $p$ - $n$  перехода при напряжении на затворе  $U_{\text{зи}} = 0$  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

$$C_{\text{зи}} = A \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_D}{2 \varphi_K}} = Z l \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_D}{2 \varphi_K}} = 500 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{8,86 \cdot 10^{-14} \cdot 12 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{2 \cdot 0,8}} = 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-15}}{1,6}} = 3,157 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} = 3,157 \text{ пФ} \quad (6)$$

Максимальную (рабочую) частоту можно найти по формуле

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

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

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

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № докл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

19

Ли Изм. № док. Подп. Дата

$$I_{C \text{ нач}} = \frac{(U_{\text{ЗИ отс}} + \varphi_{\varepsilon})}{3R_{\text{СИ отс}}} \left( 1 - \frac{\varphi_k}{U_{\text{ЗИ отс}} + \varphi_k} \right)^2 = \frac{1.5 + 0.8}{3 \cdot 500} \left( 1 - \frac{0.8}{1.5 + 0.8} \right)^2 =$$

$$= 0.65 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 0.65 \text{ mA} \quad (9)$$

Передаточная характеристика на участке насыщения рассчитывается согласно выражению

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

Задавая значения  $U_{\text{ЗИ}}$  найдём значения  $I_C$

Таблица 3.1 Результаты 1

$U_{\text{ЗИ}}$ , В	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
$I_C$ , мА	0,00000	0,00000	0,00001	0,00002	0,00004	0,00007	0,00010	0,00014
$U_{\text{ЗИ}}$ , В	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
$I_C$ , мА	0,00018	0,00023	0,00028	0,00035	0,00041	0,00048	0,00056	

$$S = \frac{2I_{C \text{ нач}}}{U_{\text{ЗИ отс}}} \left( 1 - \frac{U_{\text{ЗИ}}}{U_{\text{ЗИ отс}}} \right) \quad (11)$$

Крутизну передаточной характеристики находим, подставив в выражение формулу

$$I_C = I_{C \text{ нач}} \left( 1 - \frac{U_{\text{ЗИ}}}{U_{\text{ЗИ отс}}} \right)^2 S = \left( \frac{2I_{C \text{ нач}}^{\frac{1}{2}}}{U_{\text{ЗИ отс}}} \right) \cdot I_{C \text{ нач}}^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

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

На участке насыщения в зависимости от тока стока получаем

Таблица 3.2 Результаты 2

I <sub>c</sub> , мА	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
S, мА/ В	0	0,1520 19	0,2403 62	0,3399 24	0,4163 2	0,4807 25	0,5374 67	0,5887 65
I <sub>c</sub> , мА	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
S, мА/ В	0,6359 39	0,6798 48	0,7210 87	0,7600 93	0,7971 92	0,8326 4	0,8666 39	0,8993 54

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

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

### 3.3 Вывод по разделу

В результате проведённых расчетов основных электрических параметров полевого транзистора были получены следующие результаты:

$f_{\text{max}}$

Сопротивление полностью открытого канала  $R_{СИ\text{ отк}}$ , Напряжение отсечки  $U_{ЗИ\text{ отс}}$ , емкость затвора  $C_{ЗИ}$ , максимальную частоту работы полевого транзистора, определена передаточная характеристика и связанные с нею параметры: начальный ток стока  $I_{Снач}$ , напряжение насыщения  $U_{СИнас}$ , крутизна характеристики передачи, нарисованы диаграммы.

[illegible]

## 4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Описание конструкции

Устройство выполнено в виде отдельного конструктивного блока РЭА на рисунке 4.1

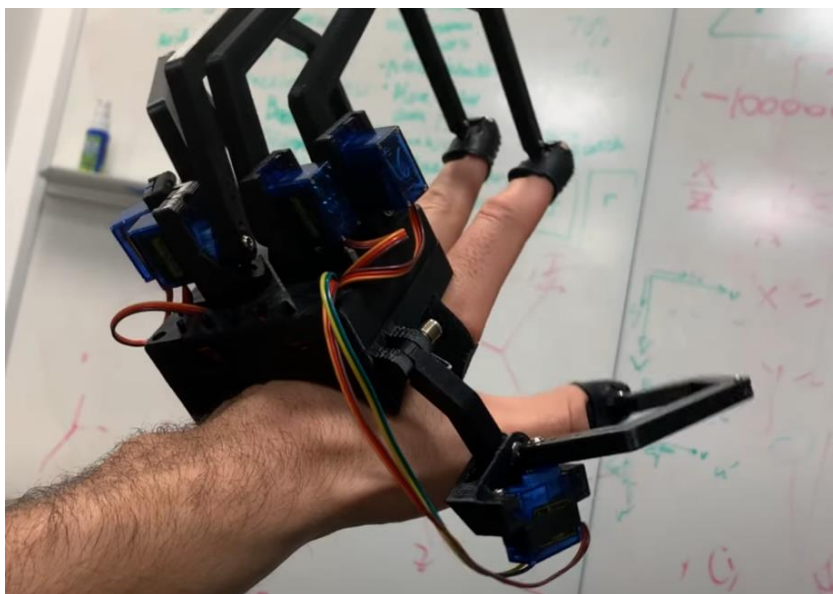


Рисунок 4.1 – внешний вид перчатки

При разборе заводских аналогов была выявлена самая главная проблема. Средняя стоимость решений от компаний составляет от 250тыс рублей. Наша задача, не теряя основной идеи подобного устройства разработать решение дешевле 20тыс рублей.

Требование к конструкции прототипа:

- Автономная работа
- Малый удельный вес устройства
- Беспроводная связь

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

## 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)

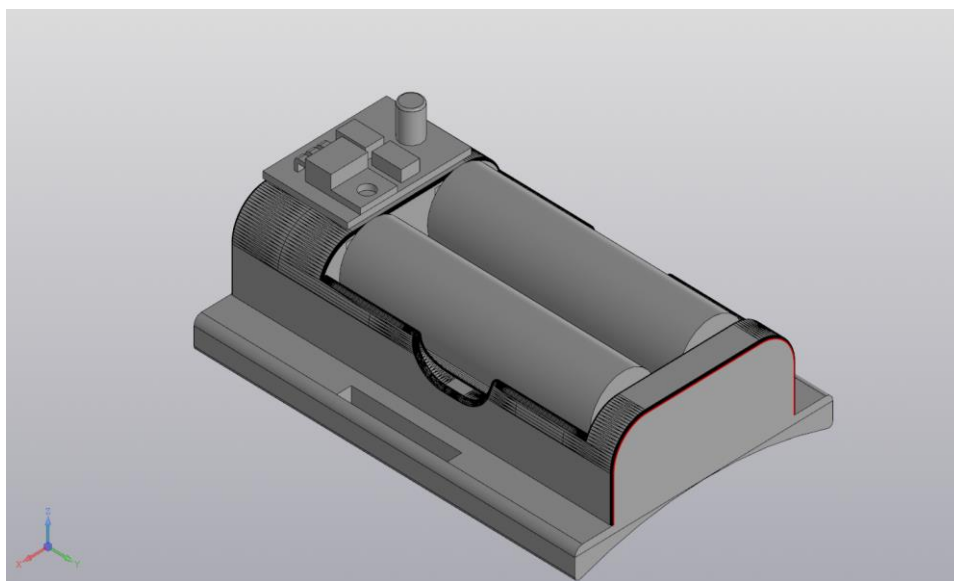


Рисунок 4.2 – 3Д модель блока питания

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										24
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)

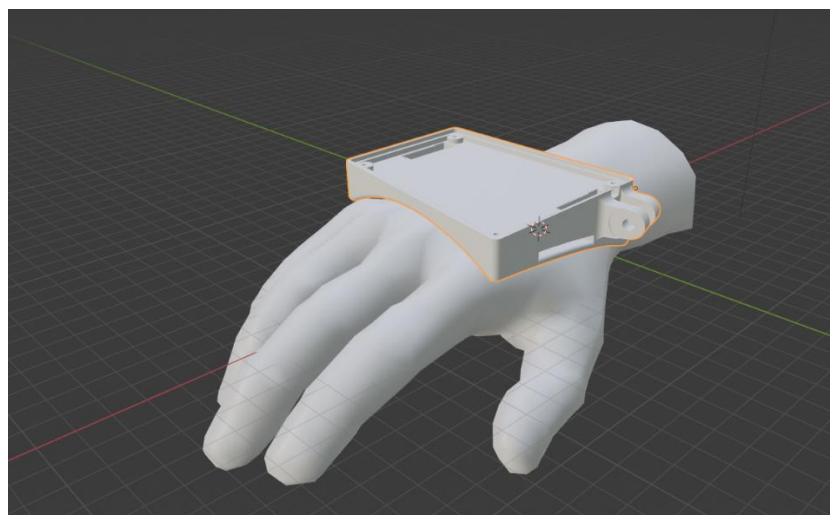


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

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				Лист 25
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
Подп. и дата					ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ
Ли					
Изм.					
№ док.					Дата
Подп.					
Дата					

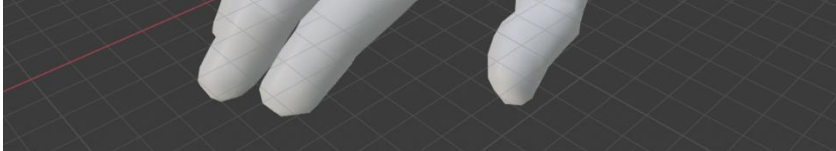


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

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. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата



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

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.

#### 4.2 Расчет функционального узла печатной платы

В данной дипломной работе электрическая схема задается, чтобы произвести разработку конструкции и решение других конструкторских задач. Данная схема не имеет перечня элементов, а их название и номиналы указываются непосредственно на схеме. В связи с этим, ознакомившись со схемой, возникает необходимость в дополнении и уточнении элементной базы

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № докл.	Инд. № подл.	Лист	27
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ			

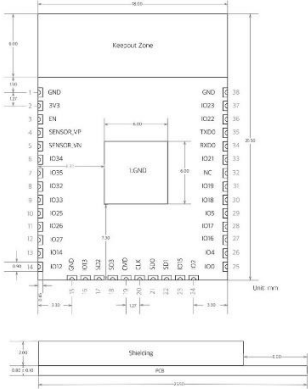
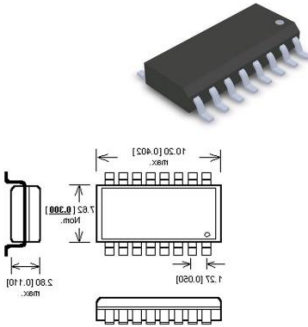
и произвести разработку трассировки печатной платы. Для решения этих задач об элементной базе нужно знать:

- 1. Габаритные (установочные) размеры, XU\*YU\*ZU.
- 2. Массу, ME.
- 3. Рабочие напряжение и мощность.

Трудность выбора элементной базы заключается в том, что на данный момент большое многообразие элементов с разными характеристиками и конструкциями. Также вызывает затруднение выбор подходящих коммутационных изделий.

Результаты анализа и выбора элементной базы представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

Название	Тип	Рисунок с размерами	Масса, г	Место установки		
				ПП	ЛП	ЗП
микроконтроллер Wi-Fi ESP WROOM 32			2,18	+		
CH340C, Преобразователь интерфейса USB в UART [	SOP-16		0.4	+		

Инд. № подл.

Подп. и дата

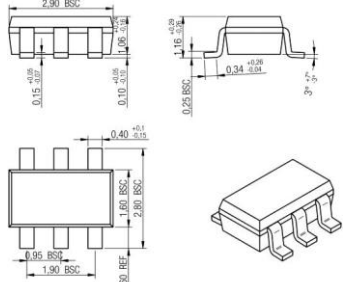
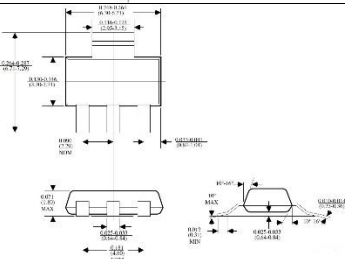
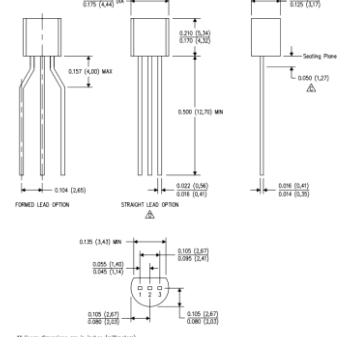
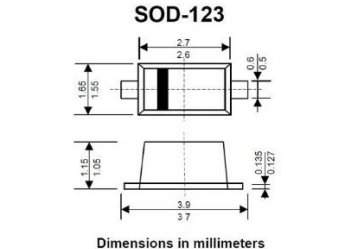
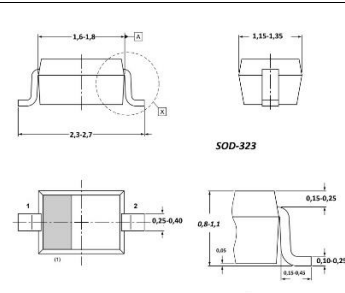
Взам. инд. №

Инд. № подл.

Подп. и дата

Инд. № подл.

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

USBLC6-2SC6	SOT-23-6		0,1	+		
AMS1117-3,3	SOT-223		0,39	+		
2N7000	TO-92		0,3	+		
1N4148W,	SOD-123		0,05	+		
B5819WS,	SOD-323		0,1	+		

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

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

## Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

Продолжение таблицы №1					
GNL-0805SR	0805	<p>Note: 1. All dimensions are in millimeters; 2. Tolerance is ± 0.10 mm unless otherwise noted.</p>	0,1	+	
GNL-0805GC	0805	<p>Note: 1. All dimensions are in millimeters; 2. Tolerance is ± 0.10 mm unless otherwise noted.</p>	0,1	+	
S8050	SOT-23-3	<p>SOT23-3</p>	0,05	+	
0,1мкФ X7R 100В 10%	0805		0,01	+	
10 мкФ X5R 16В 10%	08085		0,01	+	

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

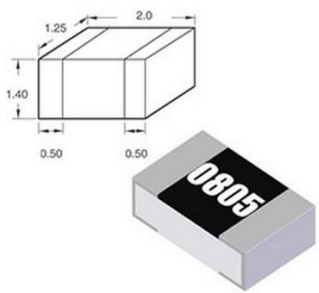
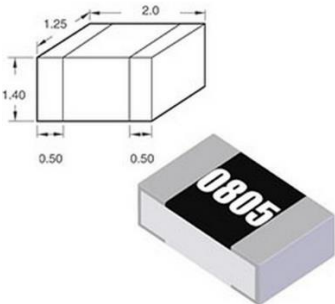
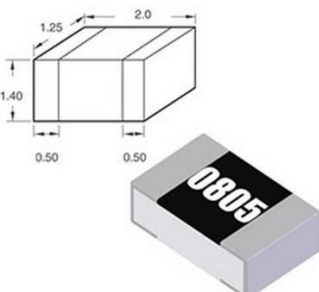
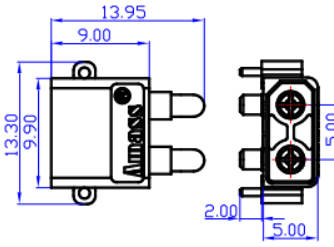
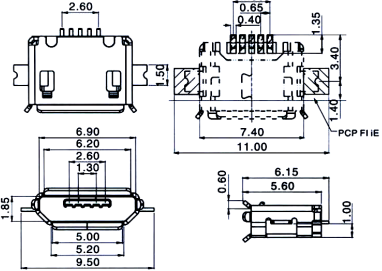
ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

*Ауст*

30

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

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

100кОм +0.1%	0805		0,01	+		
2кОм ±5% 0.125Вт	0805		0,01	+		
470 Ом, 1%	0805		0,01	+		
XT30PW-M,			1			
47346-0001			0,25			

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

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

31

Лист Изм. № докум. Подп. Дата

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

1437566-3 (FSMSM)			0,13			
----------------------	--	--	------	--	--	--

Предпочтительная форма печатной платы. Она определяется  $X_P$ ,  $Y_P$ ,  $h$  и коэффициентом формы  $CF = X_P/Y_P$ ,

$X_P > Y_P$ ;  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$ ,  $Y_2$ -краевые поля, необходимые для удобства изготовления и закрепления платы.

$X_F * Y_F = S_F$  - размеры и площадь функциональной области, где размещаются элементы электрической схемы и соединительные пробойники.

Площадь, занимаемая элементами на плате.

Вычисляется по формуле (14) и равняется:

$$CE = \sum_{i=1}^n SU_i = 769.18 \text{ мм}^2 \quad (14)$$

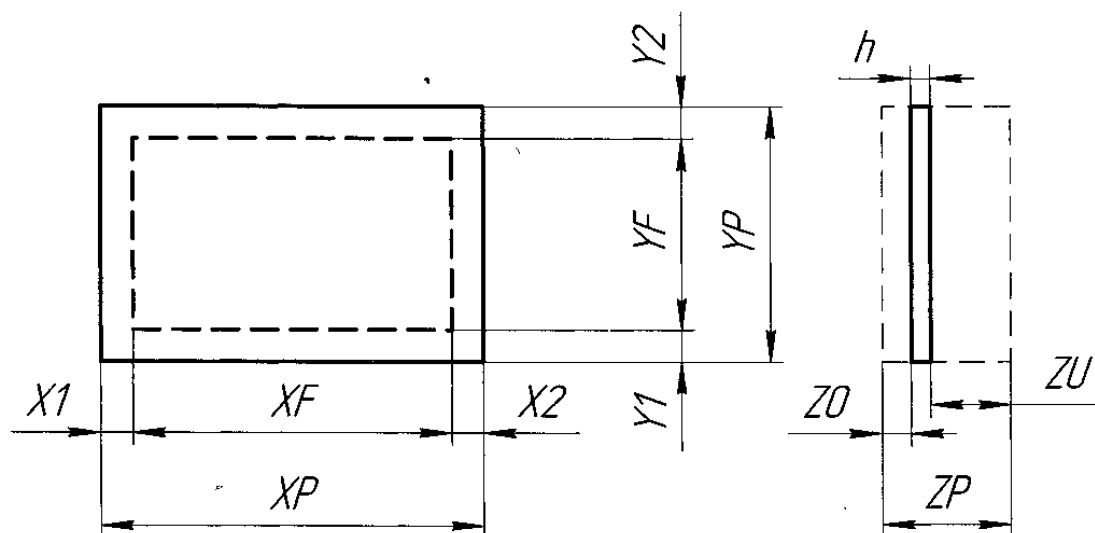


Рисунок 4.5 - Размеры печатной платы

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

Л/и	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ



Согласно рисунка 4.5 размеры печатной платы - определяются размерными цепочками:

$$XP = X1 + XF + X2 \quad (15a)$$

$$YP = Y1 + YF + Y2 \quad (56)$$

Размеры печатного узла по третьей координате-

$$ZP = ZU_{max} + h + ZO_{max} \quad (16)$$

(h-толщина материала печатной платы)

$$h=0,5\text{мм}$$

$$ZP = 11 + 0,5 + 1 = 12,5\text{мм}$$

CZ-коэффициент заполнения по площади.

При равенстве  $CZ(X)=CZ(Y)=\sqrt{CZ}$ ,

CZ-статическая Величина и составляет  $CZ=0,304$

С учётом зазоров между элементами, площадь функциональной поверхности платы найдётся по формуле (4) как

$$SF = \frac{SE}{CZ} = \frac{1216}{0.304} = 4000\text{мм}^2 \quad (17)$$

Ширина краевых полей выбирается кратной шагу координатной сетки  $X1, X2, Y1, Y2 = 2,5$

Коэффициент формы платы  $CF=XF/YF=XP/YP$ ,

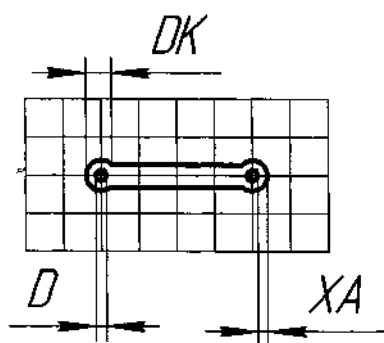
согласно ГОСТ 10716-81  $1 \leq CF \leq 3$ ;

$$CF=1,6$$

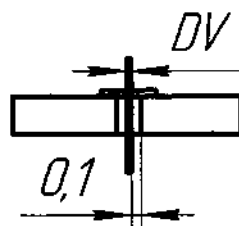
Диаметр контактной площадки согласно рис 4.6 а, находится как  $DK=2 \times XA + D = 2 \times 0,7 + 0,8 = 2,2 \text{ мм}$

где XA - ширина проводника, D-диаметр отверстия в плате для установки вывода элемента DV, рис 4.6 б.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дил.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист	
											33	
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дил.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		



а



б

Рисунок 4.6 (а, б) - Размер контактной площадки

Для каждой толщины подсчитаем значение диаметра контактной площадки

$$D1 = DV1 + 0,2 = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ мм}$$

$$D2 = DV2 + 0,2 = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм}$$

Выбираем  $D1 = D2 = 0,8 \text{ мм}$

В данном случае целесообразно использовать следующие размеры печатной платы

$$XP = X1 + XF + X2 = 2,5 + 75 + 2,5 = 80 \text{ мм}$$

$$YP = Y1 + YF + Y2 = 2,5 + 45 + 2,5 = 50 \text{ мм}$$

Получен коэффициент прямоугольности 1,6

Размеры платы  $XP \times YP = 80 \times 50 \text{ мм}$

Функциональные узлы, использующие интегральные схемы, работают на токах, не превышающие  $10^{-2} \dots 10^{-4} \text{ А}$  через проводники сигнальных цепей.

В данном устройстве токи не могут превышать 1СГЗА. Ширину проводника ХА возьмём равной 0,3мм. Удельная плотность тока через печатного проводника равный - 25 А/мм<sup>2</sup>.

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

Л/и	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

34

Подсчитаем значение толщины фольги по формуле (5):

$$TF = \frac{10^{-3}}{y \cdot XA} = \frac{10^{-3}}{25 \cdot 03} = 14 \text{ мкм} \quad (18)$$

В результате расчётов получилось толщина фольги 14 мкм, возьмём стандартную толщину фольги 18 мкм.

Полученные габаритные размеры функционального узла - 80x50x0,5мм подходящей материал для изготовления печатной платы - стеклотекстолит, фольгированный гальваностойкий СФ-2-18-Г.

Инв. № подл	Подп. и дата				Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ			Лист
								35

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

В данном разделе определяется пригодность изделия к промышленному производству при заданной серийности. Критерием пригодности в данном случае выступает технологичность изделия.

Под технологичностью (ГОСТ 18831-73) принято понимать совокупность свойств функционального узла, проявляющиеся в возможности оптимизации затрат труда, материалов и времени при технологической подготовке производства изготовления, эксплуатации и ремонта по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Технологический процесс изготовления каждой части и элемента изделия состоит из набора частных технологических процессов сборки, монтажа, регулировки, испытаний.

При изготовлении конкретного прибора он образуется на типовых технологических процессах, т.е. процессах изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Сюда относят:

1. Входной контроль комплектующих элементов;
2. Технологическая тренировка;
3. Сборка;
4. Электрический монтаж;
5. Технический контроль монтажа и сборки
6. Защита от влияния внешней среды;
7. Технологическая тренировка изделий;
8. Регулировка;
9. Выходной контроль.

Частные технологические процессы состоят из отдельных операций. Операция – законченная часть технологического процесса, выполненного над деталью одним рабочим на одном рабочем месте. Операция является основной единицей производственного планирования. На основе суммирования времени, на отдельные операции определяется потребность планируемой загрузки оборудования и количество рабочих мест. Операция состоит из отдельных частей, которые в общем виде представлены на рисунке 5.1



Рисунок 5.1 - Структурная схема технологической операции прибора.

Установка – часть технической операции, выполняемое при одном закреплении детали одним и тем же средством при постоянном технологическом режиме.

Позиция – каждое новое положение детали относительно оборудования при одном закреплении.

Переход – часть операции установки, позиции выполняемой:

- Над одним участком поверхности;
- Над одной деталью;
- Одним инструментом;
- При одном технологическом режиме.

Оценка технологичности конструкции преследует следующие цели:

- Определение соответствия показателей нормативным значениям для решения вопроса о необходимости обработки изделия на технологичность;
- Выявление факторов, оказывающих влияние на технологичность изделия;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Лист	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ



проектируемой конструкции к значению базовых показателей технологичности конструкции изделия аналога.

По значимости показатели технологичности подразделяются на основные и дополнительные.

К основным показателям относятся:

- Трудоемкость изделия в нормо-часах;
- Уровень технологичности по трудоемкости;
- Технологичная себестоимость изделия;
- Уровень технологичности по себестоимости.

Дополнительные показатели по области анализа подразделяются на:

- Конструкционные;
- Технологические;
- Технико-экономические.

По числу характеризующих признаков большинство показателей являются частными, то есть характеризуют только один признак. Для наиболее полной, всесторонней оценки технологичности изделия очень часто используются комплексный или интегральный показатель технологичности.

Наиболее важным показателем является трудоемкость изготовления и технологичность. В отраслевых стандартах, разработанных на основе ГОСТов, приводится номенклатура частных показателей и методика их определения.

Базовые показатели технологичности для электронных блоков определяются на стадии разработки рабочей документации, их ранжирование, последовательность по весовой значимости приводится в специальной литературе.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										39

## 5.2 Расчет технологичности

Номенклатура показателей технологичности сборочных единиц и блоков РЭА установлена отраслевым стандартом ОСТ4ГО.091.219-81. В соответствии с ним все блоки РЭА условно разбиты на 4 класса:

1. радиотехнические;
2. электронные;
3. электромеханические;
4. коммутационные.

Оценка технологичности конструкции изделия начинается с оценки технологичности электрической схемы.

Электрическая схема, в общем случае, считается технологичной, если:

- содержит максимальное количество унифицированных узлов и серийно выпускаемых ЭРЭ, и ее можно разбить на отдельные функциональные узлы, каждый из которых выполняется на плате печатного монтажа, унифицированного размера;
- основание платы изготавливается по типовому технологическому процессу, освоенному в производстве;
- точностные требования к конструкции обеспечиваются имеющимся оборудованием;
- монтажно-сборочные работы могут быть оснащены автоматизированным оборудованием.

Расчет технологичности ведут по формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad (19)$$

где:

$K_i$  – базовый показатель;

$\varphi_i$  – весовой коэффициент;

$n$  - число показателей.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										40
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	



В целях обеспечения высокого технического уровня изделий для всех предприятий отрасли, разрабатывающих и выпускающих РЭА, устанавливаются нормативы комплексных показателей, которые характеризуют достигнутый предел технологичности, ниже которого показатели вновь разрабатываемого изделия быть не должны.

Относительный показатель согласно ОСТ 14.202–73 принимает значение в пределах  $0 \leq K_i \leq 1$ , при этом рост значения соответствует более высокой технологичности изделия.

Коэффициент весомости зависит от порядкового номера показателя технологичности, ранжированная последовательность которого установлена экспериментально и рассчитан по формуле:

$$\varphi = \frac{i}{2i - 1} \quad (20)$$

где:

$i$  – порядковый номер в ранжированной последовательности.

Прежде всего, следует отнести наше изделие к одному из классов. Для этого следует воспользоваться данными:

- описанием функционального назначения;
- перечнем элементов ПКГХ.221413.УК-407.25 ПЭЗ;
- спецификацией ПКГХ.221413.УК-407.25 СП.

Таблица 5.1 – Нормативы комплексных показателей технологичности конструкций блоков радиоэлектронных средств

Наименование класса блоков	Стадии разработки рабочей документации		
	Опытный образец	Установочная серия	Серийное производство
Электронные	0,30 – 0,60	0,40 – 0,70	0,50 – 0,75
Электромеханические	0,20 – 0,50	0,40 – 0,60	0,45 – 0,65
Механические	0,10 – 0,30	0,25 – 0,35	0,30 – 0,40
Радиотехнические	0,20 – 0,50	0,25 – 0,55	0,30 – 0,60
Соединительные, коммутационные, распределительные	0,20 – 0,60	0,25 – 0,65	0,30 – 0,70

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
Л/и	Изм.	№ док.	Подп.	Дата						41

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

Показатель	Формула расчета	$\varphi_i$	Примечания
Коэффициент использования ИМС и микросборок	$K_{\text{исимс}} = \frac{N_{\text{имс}}}{N_{\text{имс}} + N_{\text{эрэ}}}$	1	$N_{\text{имс}}$ – общее количество микросборок, шт. $N_{\text{эрэ}}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{\text{а.м}} = \frac{N_{\text{ам}}}{N_{\text{м}}}$	1	$N_{\text{ам}}$ – количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным и автоматизированным способом, шт. $N_{\text{м}}$ – общее количество монтажных соединений, шт.
Коэффициент механизации подготовки к монтажу	$K_{\text{м.а}} = \frac{N_{\text{мпэрэ}}}{N_{\text{эрэ}}}$	0,8	$N_{\text{мпэрэ}}$ – количество навесных элементов, подготавливаемых к монтажу механизированным способом, шт. $N_{\text{эрэ}}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{\text{м.к.н}} = \frac{N_{\text{мкн}}}{N_{\text{кн}}}$	0,5	$N_{\text{кн}}$ – общее количество операций контроля и настройки, шт. $N_{\text{мкн}}$ – количество операций контроля и настройки, осуществляемое механизированным способом, шт.
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{N_{\text{тэрэ}}}{N_{\text{эрэ}}}$	0,3	$N_{\text{тэрэ}}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ, шт. $N_{\text{эрэ}}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
Коэффициент применяемости ЭРЭ	$K_{\text{прэ}} = 1 - \frac{N_{\text{т ор эрэ}}}{N_{\text{эрэ}}}$	0,2	$N_{\text{т ор.эрэ}}$ – количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ, шт. $N_{\text{эрэ}}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{\text{ф}} = \frac{N_{\text{пр.}}}{N_0}$	0,1	$N_{\text{пр}}$ – количество деталей, полученных прогрессивными методами, шт. $N_0$ – общее количество деталей, шт.

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

## 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. 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.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					43					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

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 6.2 перечислены элементы, необходимые для создания прототипа перчатки:

$$Цэ = \sum э * Р \quad (19)$$

Где: Цэ - цена элементов (руб.);

$\sum э$  – количество элементов;

Р – цена одного элемента (руб.)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Л/у	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Таблица 6.2 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 jlsrpb 5шт	1 789,2	5	357.8	1	357.8
2	Датчик давления FSR400	187,2 Р	1	187,2 Р	5	936.0
3	Сервопривод sg90 5шт	1 208,4 Р	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
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	USBLC6-2SC6, 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

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

45

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Л/и Изм. № док. Подп. Дата

Продолжение таблицы 6.2 Список деталей

24	RT0805BRD07100KL, (чип 0805 100К 0.1% +25ppm/°C), 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 с проводами	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			7 633,2			

$$\text{Цэ} = \sum \text{э} * \text{Р} = 7\,633,2 \text{ Р}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист	46
Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ		

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

Л/у	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

(..)

$$CM = \sum_{i=1}^m K_{Mi} * U_{Mi} = 178,94 \text{pyб.}$$
 $K_{Mi}$  - количество материалов

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

$m$  – количество наименований материалов.

*Ауст*

### 6.3 Стоимость оборудования

Производим расчёт оборудования, необходимого для организации работы:

Таблица 6.4 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. № подл.	Подп. и дата
	Инд. № подл.
Инд. № подл.	Подп. и дата
	Инд. № подл.

Л/и	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ	Лист
						48



## 6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО)

Производим расчёт стоимости программного обеспечения, необходимого для организации работы:

Таблица 6.5 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 6.6.

Таблица 6.6 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

Для расчета дополнительной заработной платы производственных рабочих, занимающихся сборкой и монтажом проектированного изделия, данные представлены в таблице 6.7.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Инд. № подл.						Лист 49
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ						

Таблица 6.7 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

Суммарная заработная плата (основная и дополнительная) производственных рабочих, данные представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 Итоговый фонд оплаты труда

Профессия и разряд рабочего	Основная заработная плата за смену	Дополнительная заработная плата за смену	Суммарная заработная плата за смену <i>ЗП<sub>о</sub> + ЗП<sub>д</sub></i>
Радиомонтажник VI разряда	2800	840	3640
Инженер программист	4000	1200	5200
Регулировщик VI разряда	3600	1080	4680
Сборщик VI разряда	2000	600	2600

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Лш	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										50

Чтобы рассчитать страховую часть с заработной платы, прежде всего необходимо определить вид страхования и выплату по ним, данные представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 **название**

Профессия и разряд рабочего	ПФР (обязательное пенсионное страхование) 22%	ФФОМС (обязательное медицинское страхование) 5,1%	ФСС (обязательное социальное страхование в связи с временной нетрудоспособностью и материнством) 2,9%	ОСС НС и ПЗ (обязательное социальное страхование от несчастного случая и профессиональных заболеваний) 2,1%
Радиомонтажник VI разряда	800,8	185,64	105,56	76,44
Инженер программист	1144	265,2	150,8	109,2
Регулировщик VI разряда	1029,6	238,68	135,72	98,28
Сборщик VI разряда	572	132,6	75,4	54,6

Данные для расчёта НДФЛ представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 Налогообложение

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										51
					Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	

Определяем фонд оплаты труда за смену по каждому работнику, чтобы в дальнейшем определить затраты по заработной плате на единицу изделия:

$$\Phi OT = 3П_о + 3П_о + НД\Phi Л + П\Phi Р + \Phi\Phi OMС + \Phi CC + OCCHC и ПЗ$$

Таблица 6.11 Оплата труда за смену

Профессия и разряд рабочего	Кол-во изделия в смену	ФОТ	ФОТ на единицу изделия
Радиомонтажник VI разряда	1 шт.	5281,64	5281,64
Инженер программист	1 шт.	7545,2	7545,2
Регулировщик VI разряда	1 шт.	6790,68	6790,68
Сборщик VI разряда	1 шт.	3772,6	3772,6
Всего ФОТ по всем работникам на ед.изделия	1 шт.	23390,12	23390,12

## 6.6 Расчёт амортизации основных фондов

Амортизация – есть денежное выражение износа.

Норма амортизации в месяц:

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

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

Сумма амортизации в месяц:

$$A = (\Phi п * Ha) / 100\%$$

Сумма амортизации на единицу изделия:

$$A_{ед.из} = A / K_{р.д}$$

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Л/у	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Таблица 6.12 Амортизация

№	Название	Цена в том числе с НДС, руб. Фп	Срок использования оборудования мес.	Сумма амортизации в месяц.	Сумма амортизации в день	Сумма амортизации на единицу продукции
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик CP-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 ЕНТ150V 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

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

53

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Л/и Изм. № докум. Подп. Дата

# Продолжение Таблицы 6.12 Амортизация

12	JI MI 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
<b>Итого:</b>		<b>177 598</b>		<b>4900,2</b>	<b>163,3</b>	<b>163,3</b>

## 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.;

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										54
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	

Таблица 6.1 Затраты на электроэнергию

№	Название	Мощность оборудования кВт	Силовая электроэнергия (за смену) З <sub>с.эл.</sub>	Силовая электроэнергия (за ед.изделия) З <sub>с.эл.</sub>
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
<b>Итого:</b>			<b>70,84</b>	<b>70,84</b>

## 6.7 Расчёт себестоимости изделия

Составляем калькуляцию себестоимости на единицу изделия (таблица 6.14):

Таблица 6.14 Итоговая стоимость

Статьи затрат на единицу изделия	Затраты на единицу изделия
Стоимость материалов	178,94
Затраты на элементную базу	7 633,2
Фонд оплаты труда	23390,12
Амортизация оборудования	163
Затраты на электроэнергию	70,84
Всего:	31436,1

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

Лист

55

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Л/и Изм. № док. Подп. Дата

## 6.8 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.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					56					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инд. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ док.им.	Подп.	Дата	



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

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

## 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 [26] 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,
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.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № док.	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					Лист					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № док.	Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	58

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 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 [27] 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 [27]

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

Инд. № подл.	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата	Инд. № подл.	Инд. № докл.	Изм.	Лист	59
<div style="text-align: right; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ</div>									
Лист	Изм.	№ док.	Подп.	Дата					

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 7.3. [28]

Таблица 7.3 – Требования к освещению на местах, оборудованных ПК [28]

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блескостность источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
между рабочими поверхностями	3:1–5:1
между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	не более 5%

Освещаемая площадь помещения составляет 46 м<sup>2</sup>. В помещение используются люминесцентные лампы iek LL-26-18 в количестве 20 штук, световой поток каждой лампы составляет 1080 люмен. Тогда рассчитаем освещенность на рабочем месте:

$$E = \frac{20 \times 1080}{40} \approx 420 \text{ лк} \quad (22)$$

Рассчитанное значение входит в диапазон значений, приведённое в таблице 7.3, что говорит о выполнении условия освещенности на рабочем месте.

### 7.2.3 Уровень шума

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

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

Л/и	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ	Лист
						60

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 усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах, является 80 дБ [29].

Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ; шаговые двигатели 3D - принтера и прибора; компрессор, использующийся в лазерном станке и вытяжная вентиляция. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

#### 7.2.4 Уровень электромагнитных излучений

Энергетическое влияние электромагнитного излучения может быть различной степени и силы. От неощутимого человека до теплового ощущения при излучении высокой мощности, но подобный эффект проявляет себя только при превышении допустимого уровня. Помимо электромагнитного излучения, при работе компьютера образуется электростатическое поле, оно способно деионизировать окружающий воздух. Компьютер, при долгой работе, нагревается, что делает воздух не только слабо ионизированным, но и сухим. Такой воздух является очень вредным, он тяжелый для дыхания и способствует При благоприятной среде, развитию многих аллергических заболеваний и, соответственно болезней органов дыхания.

В данной выпускной работе будет рассматриваться такой источник электромагнитного поля как персональный компьютер.

По [30] энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 7.5.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата		





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

Лу	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ

- 64



## 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. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
					Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	65



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 [32], 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.

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дудл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ док.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ				Лист
									67

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 [33]. Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дудл	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ док-м.	Подп.	Дата	ДР.11.02.14.460.26.24 ПЗ					Лист
										68

[illegible]