# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

	-	ктора по УР . Коклюгина
<b>«</b>	»	2024 г.

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

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

Выполнил(а)		
студент(ка) специальнос	ТИ	
11.02.14 Электронные пр	оиборы	
и устройства		
гр. № 460		М.А. Шамсиев
	(подпись)	(И.О. Фамилия)
Руководитель		D.M. 2
ВКР	(подпись)	<u>Р.М. Загидуллин</u> (И.О. Фамилия)
Консультант		מאר
графической части	(подпись)	<u>Э.Ф. Галиуллин</u> (И.О. Фамилия)
Консультант		
экономической части	(подпись)	<u>Л.И. Ишметова</u> (И.О. Фамилия)
Нормоконтроль		Л.И. Ишметова
	(подпись)	(И.О. Фамилия)
Рецензент		Э.Ф. Галиуллин
	(подпись)	(И.О. Фамилия)

## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

		УТВЕРЖДАЮ
		Зам. директора по УР
		Н.А. Коклюгина
	<del>-</del> «	»2024 г.
0.4 17.4.1		
ЗАДАН	НИЕ	
на выпускную квалифі	икационную работ	У
по специальности 11.02.14 Электронные приборг	ы и устройства	
студенту (ке)		460
(Ф.И.О.)		омер группы)
· · ·		1 13
Тема проекта:		
Разработка электрической схемы и создание дей	ствующего макета	
«Перчатка с обратной тактильной связью»		
D HDODISTE DE A HUGODATI		
В ПРОЕКТЕ РЕАЛИЗОВАТЬ		
1. Описать схему электрическую принципиальну	Ю.	
2. Осуществить электрический расчет узла.		
3. Разобрать задачи и порядок проведения пе		
испытаний, виды испытаний: климатические (те		
удар, транспортирование), специальные (морск	кой туман, грибки, і	пылезащита, шумы), на
надежность).		
Содержание расчетно-пояснительной записки.		
1. Общий раздел.		
2. Описательный технический раздел.		
3. Расчетный раздел		
4. Конструкторский раздел.		
5. Технологический раздел.		
6. Экономический раздел.		
7. Охрана труда и ТБ.		
Графическая часть.		
1. Схема электрическая принципиальная изделия	ı (Э3) - формат A1	
2. Чертеж общего вида изделия формат (СБ – сбо		
3. Сборочный чертеж изделия (печатной платы)		
4. Чертеж печатной платы (трассировка) – форма		
5. Маршрутная карта печатной платы.		
Дата выдачи задания «»	2024 г.	
	_	
Руководитель Загидуллин Рам	иль Маратович	
(фамилия, имя, отчество)	<u>.</u>	(подпись)
_		
Задание принял к исполнению		
(дата)	·	ись студента)
Рассмотрено на заседании предметно-цикловой	комиссии «Дисцип.	лин профессионального
цикла радиотехнического отделения»		
Протокол № от «»	2024 г.	
Председатель ПЦК (фамилия, имя, отчество)		
(фамилия, имя, отчество)	(подпись)	

#### **КИЦАТОННА**

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

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

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

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

В экономической части работы приводится 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 приводится 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 деталировка корпуса основного блока.

В процессе проектирования были использованы средства вычислительной техники в объеме: «Word», а также компьютерные программы «Altium Designer», «KOMПAC 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 ОБР	АТНОЙ
ТАКТИЛЬНОЙ С	СВЯЗЬЮ			•••••	7
1.1Взаимодейс	твие человека с р	оботом или а	аватаром	•••••	7
1.2 Описание э	ксплуатации устр	ойства		•••••	8
	пбровки				
2 ОПИСАТЕЛЬН	о техническі	ИЙ РАЗДЕЛ		•••••	11
2.1 Техническо	ре описание моди	фикации сер	воприводов SG	90	12
2.2 Техническо	ре описание узлов	3		•••••	15
3 ЭЛЕКТРИЧЕСІ	КИЙ РАСЧЕТ				21
3.1 Расчёт пар	аметров полевого	о транзистор	а с управляюц	цим р-п пе	реходом
					22
3.2 Расчёт пере	едаточной характ	еристики нач	иинают с опред	еления нач	ального
тока стока с по	омощью соотноше	ения			24
4 КОНСТРУКТО	РСКАЯ ЧАСТЬ.				27
4.1 Описание к	онструкции				27
4.2 Автономно	сть				28
4.3 Эргономика	а и развесовка				29
4.4 Беспроводн	ная связь				30
5 ТЕХНОЛОГИЧ	ЕСКАЯ ЧАСТЬ.				32
5.1 Цели и зада	ачи испытаний РЗ	θA			32
5.2 Виды испы	таний РЭА				34
5.3 Климатичес	ские испытания и	испытателы	ное оборудован	ше	38
5.4 Испытани	я на воздействі	ия повышен	ной температ	уры и из	мерение
параметров				•••••	39
6 ЭКОНОМИЧЕО	СКИЙ РАЗДЕЛ				46
6.1 Общие пол	ожения				46
	имости материало				

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

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. UHD. Взам. . Инв. № дубл. Подп. и дата ПР.11.02.14.25.24 ПЗ Подп. Изм. № докум. Дата Шамсиев М.А. Лист Листов Разраб. Разработка электрической схемы и поди Загидиллин Р.М. Ποοв. создание действующего макета Галицллин Э.Ф. Р<u>ецензент</u> ΓΑΠΟΥ «ΚΡΜΚ» «Перчатка с обратной тактильной Ишметова Л.И. Н. контр. гр. ЭП-460 связью»

# 1 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПЕРЧАТКИ С ОБРАТНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ

#### 1.1Взаимодействие человека с роботом или аватаром

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

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

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

. № дибл. Взам. инв. №

Годп. и дата

№ подп

Ли Изм. Nº доким. 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 воспроизведении 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.

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

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

#### 1.3 Этапы калибровки

#### 1. Шаг первый

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

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

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

#### 2. Шаг второй

- Раскомментировать функцию print Force() и загрузить.
- Оказать усилие на сервоприод и убедиться, что печатаемые цифры меняются.
- Прекрать усилие и оставьте их в естественном положении. Ввести исходные значения в файл калибровки в строке
   long int restForce[numOfFingers] = {\*, \*, \*, \*, \*};

<i>[</i> ]	Изм.	№ даким.	Подп.	Дата

delay(300);

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

#### 4. Шаг четвертый

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

#### 5. Шаг пятый

Чтобы завершить калибровку необходимо закомментировать функцию manualCalibration();

И раскомментировать функцию

interactOverUART();

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

Подп. и дат

зам. инв. ,

Инв. № дис

эдп. и дата

. № подп

Ли Иэм. № доким. Подп. Дата

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

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

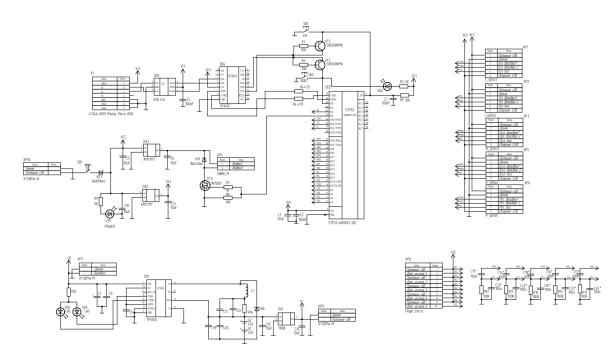


Рисунок 2.1 - Принципиальная перчатки с обратной тактильной связью

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

Ли Иэм. № доким. Подп. Дата

ДР.11.02.14.25.24 ГТЗ

Лист

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.

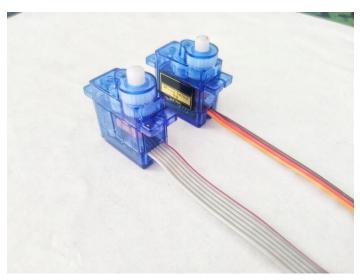


Рисунок 2.2 - Модифицированный и штатный SG90

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

- Управляющая плата
- Потенциометр
- Двигатель постоянного тока
- Редуктор

Наглядное устройсто продемонстрирована на рисунке 2.3.

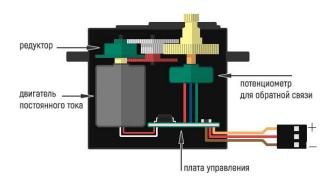


Рисунок 2.3 - Устройство сервопривода

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.

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

duba

<u>√</u>

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.

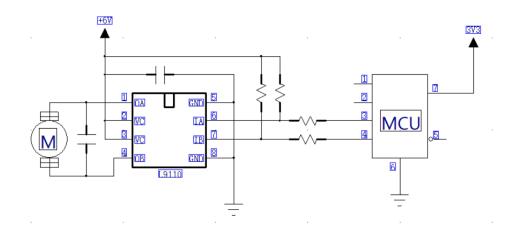


Рисунок 2.4 - Схема модификации SG90

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 Е.

Питание пальцевые сервоприводы получают с выводов VCC и GND.

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

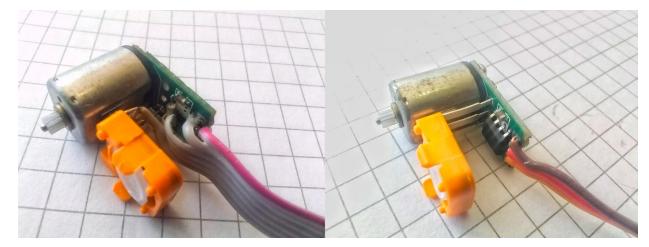


Рисунок 2.5 - Распайка модифицированного и штатного SG90

Ли	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

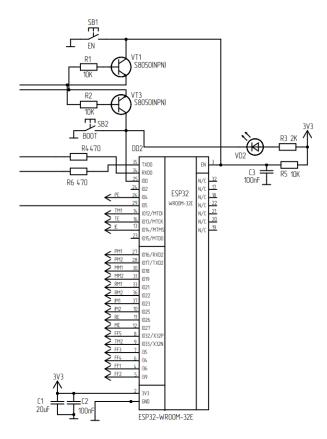


Рисунок 2.6 – принципиальная схема управляющего микроконтроллера

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 малошумящий приемный усилитель, фильтры и управления питанием. ESP32 создан Espressif Systems, китайской компанией, базирующейся производится **TSMC** 40-нм Шанхае, И ПО их технологическому процессу.

I					
L					
	ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

#### 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 С1 и С2.

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

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

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

Подп. и дата

Взам. инв. Л

Инв. № дибл.

Тодп. и дата

N″ nadn

Ли	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

Рисунок 2.7 - Принципиальная схема преобразователя USB интерфейса в UART

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

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

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

LEDOU NAM. Nº DOKUM. NODON. Dama

Nº duba

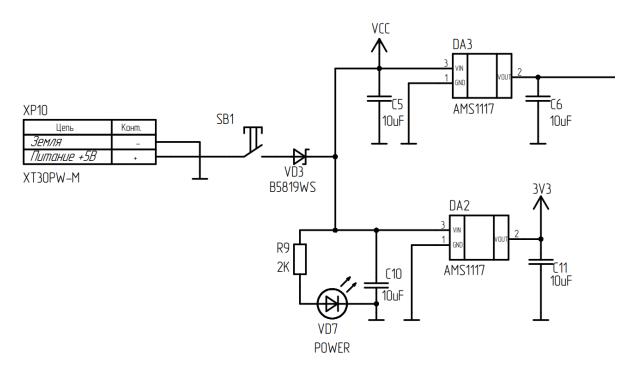


Рисунок 2.8 - Принципиальная схема стабилизирующих цепей на стабилизаторах AMS1117

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 переполюсовки. Для индикации напряжения питания светодиод красного цвета VD7 и резистор R9 для его работы.

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

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

B30M.

MHB. Nº GUDA

проп

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 ТР5100 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.

ı					
	Λu	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

	Обвязка			выполнен	согласно	требованиям
	документации	микросхемы ТР5	5100.			
Γ	-					
	1					
			ДН	P. 11.02.14.	25.24 <i>[</i> 1	7 <i>3</i>

Подп.

№ доким.

Дата

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

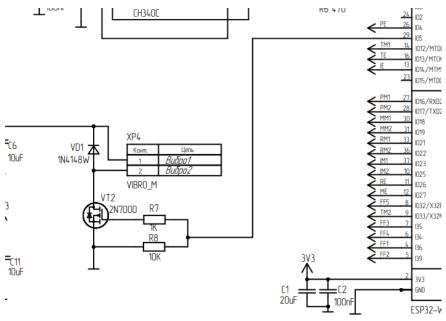


Рисунок 3.1 - Принципиальная электрическая схема участка цепи

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

Nº GUBA

Задание на расчёт

#### ДАНО

- 1. Структура: полевой транзистор с управляющим p-n переходом на основе кремния с каналом п -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  $N_{\mathcal{A}} = 6 \cdot 10^{15} \; \mathrm{cm}^{-3}$ , концентрация акцепторной примеси в р областях затворов  $N_a = 1 \cdot 10^{18} \mathrm{cm}^{-3}$ .

#### ОПРЕДЕЛИТЬ

- 1. Основные электрические параметры: сопротивление полностью открытого канала  $R_{\text{CM отк}}$ , напряжение отсечки  $U_{\text{3M отс, e}}$ мкость затвора  $C_{\text{3M}}$ , максимальную частоту роботы fmax.
- 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.

$$W = d - 2\sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0(U_{3M} + \varphi_K)}{qN}}$$
(1)

2. Сопротивление полностью открытого канала при  $U_{3\text{M}}=0$  и  $U_{\text{CM}}=0$  Находим, используя выражение удельное сопротивление исходного материала находим по заданной концентрации донорной примеси в канале с помощью графика (рисунок 3.3).

$$\rho_n = 1 \ OM \cdot cM \tag{2}$$

Ли Изм. N° доким. Подп. Дата

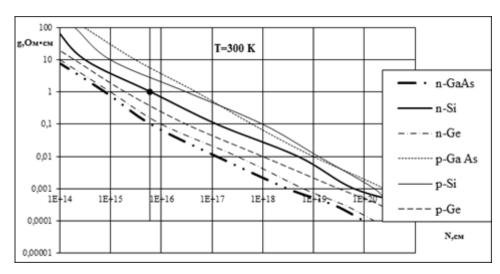


Рисунок 3.2. - Концентрации донорной примеси в канале силового Р-канального транзистора SI2301DS

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

Напряжение отсечки определяем по формуле

$$U_{3M_{OTC}} = \frac{d^2qN}{8\varepsilon\varepsilon_0} - \varphi_K \tag{4}$$

где

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

$$\varphi_K = 1.6 \cdot 10^{10} \, \text{cm}^{-3} \tag{6}$$

 $\varphi_{K}$  - собственная концентрация носителей заряда. В кремнии собственная концентрация носителей заряда равна. - постоянная Больцмана1,38 •  $10^{-23}$  Дж • $K^{-1}$  = 300~K - заряд електрона, = 1,6• $10^{-19}$  Кл. Тогда будет равно

$$\varphi_K = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}} \ln \frac{6 \cdot 10^{15} \cdot 10^{18}}{\left(1,6 \cdot 10^{10}\right)^2} = 0,0259 \cdot \ln \frac{6 \cdot 10^{33}}{2.56 \cdot 10^{20}} = 0.8 \ B$$

PEOU NO BOKUM. NO DOKUM. NO DOTO.

$$U_{\text{3M ore}} = \frac{\left(1 \cdot 10^{-4}\right)^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{8 \cdot 8.86 \cdot 10^{-14} \cdot 12} - 0,8 = 1.5 \text{ B}$$

Диэлектрическая проницаемость кремния =12

Ёмкость затвора рассчитаем, как барьерную ёмкость p-n перехода при напряжении на затворе  $U_{3u} = 0$  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

$$C_{3M} = A \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_{\pi}}{2 \varphi_k}} = Z l \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_{\pi}}{2 \varphi_k}} = 500 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{8.86 \cdot 10^{-14} \cdot 12 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{15}}{2 \cdot 0.8}} = 1.25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{1.02 \cdot 10^{-15}}{1.6}} = 3.157 \cdot 10^{-12} \Phi = 3,157 \pi\Phi$$
(6)

Максимальную (рабочую) частоту можно найти по формуле

$$f_{\text{max}} = \left(2\pi R_{\text{cu}} \cdot C_{\text{su}}\right)^{-1} \tag{7}$$

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

$$\begin{split} f_{\text{max}} &= \frac{1}{2\pi R_{\text{ch}} \cdot C_{\text{sh}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 3,15 \cdot 10^{-12}} = 100 \text{MTH} \\ I_{\text{C}} &= \frac{\left(U_{\text{3M otc}} + \varphi_{\tilde{e}}\right)}{3R_{\text{CM otk}}} \left(1 - \frac{\varphi_{\tilde{e}}}{U_{\text{3M otc}} + \varphi_{\tilde{e}}}\right)^2 = \frac{1.5 + 0.8}{3 \cdot 500} \left(1 - \frac{0.8}{1.5 + 0.8}\right)^2 = \\ &= 0.65 \cdot 10^{-3} \text{A} = 0.65 \, \text{mA} \end{split} \tag{8}$$

Передаточная характеристика на участке насыщения рассчитывается согласно выражению

$$I_C = I_{C \text{ hav}} \left( 1 - \frac{U_{3M}}{U_{3M \text{ ore}}} \right)^2$$
 (10)

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

Таблица 3.1 - Результаты 1

ЛИ	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

U <sub>3И</sub> , В	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
I <sub>C</sub> , мА	0,000000	0,000003	0,000012	0,000026	0,000046	0,000072	0,000104	0,000142
U <sub>3И</sub> , В	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
I <sub>C</sub> , мА	0,000185	0,000234	0,000289	0,000350	0,000416	0,000488	0,00056	

$$S = \frac{2I_{C \text{ Hard}}}{U_{\text{3M orc}}} \left( 1 - \frac{U_{\text{3M}}}{U_{\text{3M orc}}} \right) \tag{11}$$

Крутизну передаточной характеристики находим, подставив выражение формулу

$$I_{C} = I_{C \text{ hav}} \left( 1 - \frac{U_{\text{3M}}}{U_{\text{3M otc}}} \right)^{2} S = \left( \frac{2I_{C \text{ hav}}^{\frac{1}{2}}}{U_{\text{3M otc}}} \right) \cdot I_{C}^{\frac{1}{2}}$$
(12)

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дибл.	
Подп. и дата	
4	

№ доким.

Подп.

## На участке насыщения в зависимости от тока стока получаем

Таблица 3.2 - Результаты 2

I <sub>C</sub> , MA	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
S, MA/B	0	0,152019	0,240362	0,339924	0,41632	0,480725	0,537467	0,588765
I <sub>C</sub> , MA	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
S, MA/B	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

$$U_{CH_{HAC}} = U_{3H_{OTC}} - U_{3H} \tag{13}$$

Таблица 3.3 - Результаты 3

U <sub>3И</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>3И</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. № подп Подп. и дат	у дат					
MHB. Nº nadn	одп. и					
	7					
	Н					
	подп					
	<i>√</i> 0 <i>√</i>					
	Инв					
Ли Изм. № доким. Подп. Дато		Ли	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

#### 4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 4.1 Описание конструкции

Устройство выполнено в виде отдельного конструктивного блока РЭА на рисунке 4.1

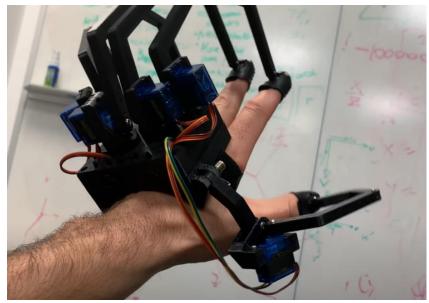


Рисунок 4.1 – внешний вид перчатки

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

пран					
No.					
Инв. ,					
1	ЛИ	Изм.	№ доким.	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)

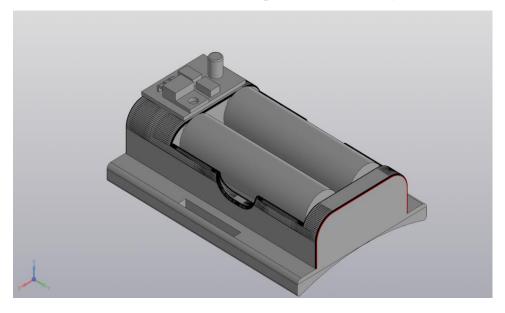


Рисунок 4.2 – 3Д модель блока питания

ДР.11.02.14.25.24 ГТЗ

Лист

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 дискомфорта взаимодействии возникновения ИЛИ усталости при устройством на протяжении длительного времени. (Рисунок4.3)

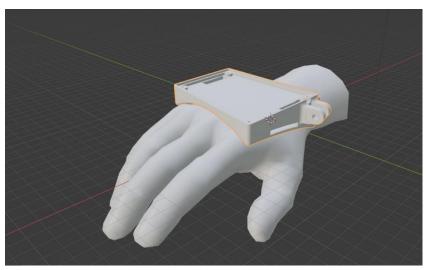


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

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

ЛИ	Изм.	№ доким.	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).

использования, поскольку запястье будет нести на себе значительную часть

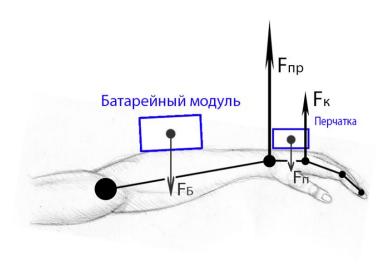


Рисунок 4.4 – Распределение нагрузки

#### 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).

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

MHB. Nº GUĐA

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 Ho обновлениями. определенными периодическими отличие 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.

Ли Изм. Nº доким. 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 электронновычислительной 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 еè качестве на всех стадиях — от начала проектирования до изготовления в серийном производстве и последующей еè эксплуатации. Существенная роль в этом процессе отводится испытаниям. Результаты испытаний являются основой решений по использованию аппаратуры, совершенствованию еè 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

Инв. № подп Поо

MHB. Nº GUĐA

Ти Изм. № доким. 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, надежность 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

Лата	
//////////	

Подп.

№ доким.

#### 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 функционировании 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.

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

Взам.

MHB. Nº GUĐA

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 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

№ доким.	Подп.	Дата

№ доким.

Подп.

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 вырабатывается ЭА (длительная вибрация, которых часть pecypca

№ доким.

многократные удары, термоциклы). Это сравнительно дорогостоящие испытания, поэтому они всегда являются выборочными.

Инспекционные испытания — это особый вид контрольных испытаний. Они проводятся в выборочном порядке с целью контроля стабильности качества установленных видов продукции специально уполномоченными организациями. В тех случаях, когда в производственном процессе выявляют недостатки конструкции ЭА или технологического процесса ее изготовления, возникает необходимость совершенствования конструкции или техпроцесса. Целесообразность предложенных изменений выявляют с помощью типовых испытаний.

Типовые испытания — это контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, рецептуру или технологический процесс.

Аттестационные и сертификационные испытания. Электронная аппаратура может оцениваться по критериям качества или на соответствие ее характеристик требованиям национальных и международных стандартов. Неотъемлемой процедурой такой оценки являются аттестационные и сертификационные испытания. Аттестационные испытания – это испытания, проводимые для оценки уровня качества продукции при ее аттестации по категориям качества. Сертификационные испытания – это контрольные испытания продукции, проводимые с целью установления соответствия характеристик ее свойств национальным и международным нормативнотехническими документами (НТД).

В зависимости от продолжительности все испытания подразделяются на нормальные, ускоренные, сокращенные.

Нормальные испытания ЭА – это испытания, методы и условия, проведения которых обеспечивают получение необходимого объема

№ доким.

информации о характеристиках свойств объекта в такой же интервал времени, как и в предусмотренные условиях 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 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 факторов климатических закладывается этапе на

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дибл.

эдп. и дата

нв. № подп

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.

	·		·	
7u	Изм.	№ доким.	Подп.	Пата

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	I	IV	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII
жесткости										
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

Лu	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

имеет наибольшую температуру или является наиболее критичным для работоспособности изделия.

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

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

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

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

Инв. Nº подп

воздействия повышенной температуры используют отечественной промышленностью камеры тепла объемом от 0,55 до 1м и диапазоном температур  $20^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ .

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, °С	-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

Лu	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

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°С 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.

ı					
ı					
	ЛИ	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

№ доким.

В случае длительного испытания на влагоустойчивость при циклическом режиме выбирается общая продолжительность испытания в зависимости от степени жесткости (таблица 5.4).

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.

Таблица 5.4 - Общая продолжительность испытания в зависимости от степени жесткости

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

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

Испытание на влагоустойчивость проводят в специальных камерах Существуют различные влаги. испытательные установки, отличающиеся габаритными размерами, точностью поддержания режима, диапазоном характеристик. Учитывая, что незначительные изменения температуры сопровождаются значительными колебаниями относительной влажности, следует применять установки  $\mathbf{c}$ точностью регулировки температуры по сухому термометру  $\pm 0.4^{\circ}$  C, а по влажному – от  $\pm 0.4^{\circ}$  C до -0,2°C. Понижение температуры более чем на 0,5° C при высокой относительной влажности и повышенной температуре может привести к выпадению росы, что является недостатком установки.

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

Подп. и датс

Взам. инв.

Инв. № дибл.

Подп. и дата

лв. N<sup>о</sup> подп

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

#### 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.

Инв. № дибл. Взам. инв. №

у дата

№ подп

м. № доким. Подп. Дата

Расчет затрат на элементную базу

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

Где: Цэ - цена элементов (руб.);

 $\sum$ э – количество элементов;

Р – цена одного элемента (руб.)

Таблица 6.1 - Список деталей

№	Название	Цена за партию с НДС 20% (руб)	Количеств о деталей в партии (Ед)	Цена за деталь (руб)	Количеств о деталей на единицу изделия	Цена на еденицу изделия (руб)
1	печатная плата јІсрсь 5шт	1 789,2	5	357,8	1	357,8
2	Датчик давления FSR400	187,2	1	187,2	5	936,0
3	Сервопривод sg90 5шт	1 208,4	5	240	5	1 208,4
4	Шлейф 1.2мм 9жил 2м	223,2	2	111,6	1.5	167,4
5	Винт с шестигранной головкой ISO7380 M2,5x16	181,2	50	3,6	5	18,1
6	Винт с шестигранной головкой ISO7380 M2x10	141,6	50	2,8	5	14,2
7	3х4х6 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8	343,1	1	343,1	1	343,1
8	3х4х4 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8	274,1	1	274,1	4	1096,3
9	3х4х16 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

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

# Продолжение таблицы 6.1 - Список деталей

312,0

1

312,0

1

312,0

микроконторллер Wi-Fi ESP

WROOM 32

12	СН340С, 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, 5B, 2,2A	240,0	1	240,0	1	240,0
15	AMS1117-3,3, Линейный регулятор с малым падением напряжения, 1A, 3,3B [SOT-223]	10,8	1	10,8	2	21,6
16	2N7000, Транзистор, N-канал, 60B, 0.2A [TO-92]	8,4	1	8,4	1	8,4
17	1N4148W, Диод 100B 0.15A [SOD- 123]	3,6	1	3,6	1	3,6
18	B5819WS, Диод Шоттки 40B 1A [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 25B 0.5A HFE=120400 0.3Вт [SOT-23-3]	4,8	1	4,8	2	9,6
22	Конденсатор керамический smd 10 мкФ X5R 16B 10% 0805	8,4	1	8,4	7	58,8
23	0,1мкф X7R 100в 10% (0805) Чип керам,конденсатор TCC0805X7R104K101FT	2,4	1	2,4	13	31,2
24	Тонкопленочный ЧИП-резистор 0805 100кОм +0.1% 0.125Вт - 55°С+155°С	7,2	1	7,2	5	36,0
25	RS-05K202JT, ЧИП-резистор 0805 2кОм ±5% 0.125Вт -55°С+155°С	3,6	1	3,6	2	7,2
26	Резистор постоянный SMD 0805 10K 0.5% / RT0805DRE0710KL	2,4	1	2,4	4	9,6
27	0.125Вт 0805 470 Ом, 1%, Чип резистор (SMD)	4,8	1	4,8	2	9,6
29	47346-0001, Разъем micro USB-B	168,0	1	168,0	1	168,0
30	XT30PW-M, Разъем питания штекер на плату угловой 2pin	216,0	1	216,0	1	216,0
31	XT30U-F, Вилка питания DC XT30 "мама" провод под пайку Цвет желтый	168,0	1	168,0	1	168,0
32	Плата модуля питания TP5100 для управления зарядкой	51,6	1	51,6	1	51,6
33	Аккумулятор li-ion, 3000 мАч, 5 шт	1 184,4	5	1 184,4	2	473,8
34	Батарейный отсек для аккумуляторов 2 x 18650 Li-ion	159,6	1	159,6	1	159,6
35	Стяжки на липучке, ремешок фиксатор 5шт.	552,0	5	552,0	2	220,8
36	Защитные накладки на кончики пальцев для гитары 10 шт	430,8	10	430,8	5	215,4
	го	8592,3	1	5764,5		7267,6

№ доким. Подп.

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

Таблица 6.2 - Список материалов

		Еди	Коли-	Цена за	Стои-
No	Наименование материалов	ницыиз	чество	единицу	мость
]10	паименование материалов	ме-	единиц	изделия	в руб.
		рения	$m_i$	Ці , руб	ті * Ці
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:

$$CM = \sum_{i=1}^{m} K_{Mi} * \mathcal{U}_{Mi} = 178,94 \text{py6}.$$
 (15)

где:

 $K_{\mathit{Mi}}$  - количество материалов

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

т -количество, наименований материалов.

Расчет стоимости оборудования

подп					
√o/					
Инв.					
	ſШ	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

Производим расчёт оборудования, необходимого для организации работы:

Таблица 6.3 - Список оборудования

No	Название	Цена в том числе с НДС, руб.
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик CP-2	26 330
2	Термовоздушная паяльная станция МЕГЕОН 00550 к0000020550	13 566,0
3	Лампа для местного освещения	2 500
4	Лупа 5X на струбцине с подсветкой Rexant 31 - 0532	5 300
5	Верстак с тумбой 1200х685х850 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	Hoyтбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный,	43 990,0
9	3D-принтер Flying Bear Ghost 5,	21 863,3
10	Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754	5 554,0
11	Набор отверток из стали S2 КВТ Мастер НО-06-S 78622	729,0
12	JIMI JM-GNT80 80 в 1 прецизионные отвертки многофункциональные	3 398,0
13	Автоматический цифровой мультиметр Вымпел VC835 5228	2 231,0
14	Набор шарнирно-губцевого инструмента Tactix Ergo 204025, 5 предм.	3 623,0
15	Источник питания VERDO PP1106 60 B, 10A, 300 Bт PP110600	21 650,0
	Итого	177598

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дибл.	
Подп. и дата	
Инв. № подп	

№ доким.

Подп.

Производим расчёт стоимости программного обеспечения, необходимого для организации работы:

Таблица 6.4 - Список ПО

No	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	Количество часов	Часовая	Основная заработная
рабочего	за смену	тарифная ставка	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.

Ш					
проп					
Инв. Nº подп					
N	ЛИ	Изм.	№ доким.	Подп.	Дап

7..

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 $3\Pi_o + 3\Pi_\partial$
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 ECB 30%
Радиомонтажник VI разряда	1092
Инженер программист	1560
Регулировщик VI разряда	1404
Сборщик VI разряда	780
Итого:	3108

			l
ОКИМ.	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.+ $E$ CB

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
СборщикVI 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:

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

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

Сумма амортизации в месяц:

$$A = (\Phi \pi * Ha) / 100\%$$

Сумма амортизации на единицу изделия:

$$A_{eд.и3} = A/K_{p.д}$$

где: К<sub>р.д.</sub> – количество рабочих дней в месяц.

Ли	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

№	Название	Цена в том числе с НДС, руб. Фп	Срок использова ния оборудован ия мес.	Сумма амортизаци и в месяц.	Сумма амортизаци и в день	Сумма амортизаци и на единицу продукци
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 струбцине с подсветкой Rexant 31 - 0532	5 300	60	88,3	2,9	2,9
5	Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant BT G-BT-1.2	16 769	60	279,5	9,3	9,3
6	Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010	7 369	60	122,8	4,1	4,1
7	Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N	2 726	60	45,4	1,5	1,5
8	Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный,	43 990,0	24	1832,9	61,1	61,1
9	3D-принтер Flying Bear Ghost 5,	21 863,3	24	911,0	30,4	30,4
10	Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754	5 554,0	60	92,6	3,1	3,1
11	Набор отверток из стали S2 КВТ Мастер НО-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 B, 10A, 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.

$$3_{\text{с.эл.}} = _{K} * P_{\text{об}} * n * T_{\text{см}} * C_{\text{кВт-ч}} (\text{руб.})$$

где: к — коэффициент, учитывающий неравномерность использования оборудования, к = 0,65;

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

n – число смен работы в сутки;

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

 $C_{\kappa B \tau - \nu}$  — стоимость одного кВт электроэнергии, руб. (4,79руб.)

Таблица 6.12 - Затраты на электроэнергию

№	Название	Мощность оборудования кВт	Силовая электроэнергия (за смену) $3_{c.э.л.}$	Силовая электроэнергия (за ед.изделия) $3_{\text{с.эл.}}$
1	Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2	0,054	1,35	1,35
2	Станция паяльная термовоздушная + паялникLUKEY - 868	0,75	18,68	18,68
3	Лампа для местного освещения	0,1	2,49	2,49
4	Лупа 5X на струбцине с подсветкой Rexant 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	Hoyrбук 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 EHT150V 5133000754	0,15	3,74	3,74
11	Источник питания VERDO PP1106 60 B, 10A, 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 электроэнергии	70,84
Всего:	28636,38

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

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

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

- Материальные расходы;
- Оплата труда;

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

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

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

Подп. и дата

зам. инв. *і* 

Инв. № дибл.

Подп. и дата

№ подп

Ли Иэм. № доким. Подп. Дат

#### 7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЯ

#### 7.1. Общие положения

С развитием научного прогресса безопасность жизнедеятельности человека играет огромную роль на производстве. В соответствии с требованиями безопасности была создана наука, которая помогает обеспечить безопасность жизнедеятельности человека (БЖД). БЖД — это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности человека в окружающей его среде обитания, сохранение его здоровья, разработку методов и средств защиты путём снижения влияния вредных и опасных факторов до допустимых значений, выработку мер по ограничению ущерба в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

С каждым годом возрастает интенсивность применения компьютерной техники в сферах жизнедеятельности человека. При работе с компьютером подвергается воздействию человек ряда опасных вредных производственных факторов: электромагнитных полей, радиочастотному (высоких, ультравысоких и средних частот), инфракрасному излучению, шуму вибрации, статическому электричеству. Работа компьютером характеризуется умственным напряжением, высокой значительным напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

, дата Инв. № дибл. Вза

і. *№ подп* 

Ли Изм. № доким. 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 и приведены в Таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Оптимальные параметры микроклимата рабочего места

Период года	Категория работ	Температура воздуха, <sup>0</sup> 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 помещение.

#### 7.2.2 Естественная освещенность

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

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

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

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

ам. инв. № Подп. и .

л. Взам.

*Эп. и дата* 

ıв. № подп

№ доким.

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

Лист

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

Таблица 7.3 – Требования к освещению на местах, оборудованных ПК

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше $40 \text{ кд/м}^2$
Прямая блесткость источника света	$200  \mathrm{кд/m}^2$
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 м2. 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:

$$E = \frac{20 \times 1080}{40} \approx 420 \,\mathrm{лк} \tag{16}$$

Рассчитанное значение входит в диапазон значений, приведённое в таблице 7.3, что говорит о выполнение 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 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

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервнопсихическим 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.

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 энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 7.5.

MHB. Nº GUĐA

Таблица 7.5 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

	Предельно допустимая энергетическая экспозиция, МГц				
Параметр	$\geq$ 0,03 $-$ 3.0	$\geq$ 3,0 $-$ 30,0	$\geq$ 30,0 $-$ 50,0	≥ 50,0- 300,0	≥ 300,0− 300000,0
По электрической составляющей, $(B/M)^2 \times H$	20000,0	7000,0	800	800	-
По магнитнойо ставляющей $(A/M)^2 \times \Psi$	200	-	0,72	-	-
По плотности потока энергии (мкВт/см $^2$ ) × ч	-	-	-	-	200

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

#### 7.2.5 Выделение вредных веществ

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

При работе 3D - принтера выделяются вредные вещества, которые не значительно влияют на здоровье человека. По  $\Gamma$ H 2.2.5.1313-03 для акрилонитрила ( $C_3H_3N$ ), которые входит в состав ABC-пластика:

- Величина предельно допустимая концентрация: 5 мг/м³;
- Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства: а – аэрозоль;
- Класс опасности: не опасное.

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

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

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

Инв. № подп

0,03мкм и газообразные едкие и токсичные вещества: хлористый водород, диоксины, угарный газ, окись и двуокись азота, уксусный альдегид, метилметакрилат, винилхлорид, смесь углеводородов, стирол.

Смесь вышеперечисленных мельчайших частиц с газообразными токсичными веществами представляют максимальную опасность для операторов и персонала. Накапливаясь в организме человека, они могут вызвать тяжелейшие заболевания, в том числе онкологические.

В связи с этим лазерная резка пластика должна производится в помещении местной вытяжкой с очисткой удаляемого воздуха от вредных твердых и газообразных веществ и с использованием средств индивидуальной защиты.

В офисе имеется искусственная вентиляция, состоящая из вытяжной и приточной вентиляции, что позволяет производить циркуляцию воздуха в помещение при лазерной резке и 3D-печати.

#### 7.2.6 Электробезопасность

Даже самая надежная изоляция теряет свои свойства при длительной эксплуатации в сложных производственных условиях. Опасность поражения электрическим током существенно возрастает, если человек находится в помещении с металлическим полом или контактирует с оборудованием, находящихся вблизи заземленных металлических предметов.

Первый класс - "помещения без повышенной опасности"

В данную категорию входят помещения, характеризующиеся пониженной влажностью воздуха (до 75%), оборудованные при необходимости вентиляционной системой и отоплением.

Кроме того, полы в таких помещениях должны быть не токопроводящими. Под понятием токопроводящие полы подразумевают металлические, железобетонные, земляные и т.д. Для причисления производственного цеха в разряд безопасных, его пол следует покрыть диэлектрическим материалом. К наглядным примерам безопасных объектов

<u>U</u>	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

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 помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с непроводящими нормальной температурой полами И 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.

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

#### 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

Ли Изм. Nº доким. Подп. Дата

MHB. Nº GUĐA

№ доким.

Подп.

эксплуатируются в настоящее время, печать осуществлять с двух сторон, при этом затраты на бумагу вряд ли удастся сократить хотя бы вдвое, но экономия будет ощутимой. Проблему с утилизацией бумаги может решить вторичная переработка отходов.

На этапе прототипирования используются такие станки, как 3д-принтер и лазерный станок. Для очистки удаляемого воздуха от вредных примесей с участков лазерной фильтрующие резки, применяются модули двухступенчатой очисткой воздуха: 1-ая ступень от твердой загрязняющих веществ и 2-ая ступень угольные фильтры – от газообразной фазы. В дальнейшем в угольных картриджах меняется только сорбент: смесь неимпрегнированных и импрегнированных активированных углей. После того, как угольные фильтры перестают очищать воздух, сорбент сдается в специальные приемники, где подвергаются утилизации. Бракованные детали и обрезки, образовавшиеся в ходе лазерной резке, подлежат утилизации.

При 3д-печтаи используется АБС-пластик, который является токсичным. При работе с таким пластиком подразумевается его переработка или утилизация в спецприемниках. Эффективной технологической стадией переработки отходов АБС является сушка полимера, позволяющая довести содержание влаги в нем до уровня, не превышающего 0,1 %.

Однако способ прямого прессования оказывается малопроизводительным, а экструзия полимера затрудняется из-за его высокой вязкости.

Перспективной представляется переработка технологических отходов АБС- полимера методом литья под давлением. При этом для улучшения текучести полимера необходимо вводить технологические добавки. Добавка к полимеру облегчает процесс переработки АВС - полимера, так как приводит к увеличению подвижности макромолекул, гибкости полимера и снижению его вязкости. Бракованные и изношенные изделия можно утилизировать измельчением с последующим формованием полученной крошки в смеси с

#### 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 уменьшение его последствий. Активная пожарная защита-меры, обеспечивающие успешную борьбу взрывоопасной пожарами или ситуацией. Возникновение пожара В помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям возникновению чрезвычайной Чрезвычайные ситуации. ситуации И К полной потере информации и большим приводят 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 A, Б, В, Г, Д.

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

Инв. № дибл. Взам. инв. №

одп. и дата

.в. Nº подп

ЛU	Изм.	№ доким.	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.

т. и дата — Инв. № дибл. — Взам. инв. № Подп. и дап

Ли Изм. № доким. Подп. Дата

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.

1 B3CM, UHB. Nº

Инв. № диб.

Тодп. и датс

№ подп

Ли Изм. № доким. Подп. Дата

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Волкова, П.А. «Основы общей экологии» /. Волкова. П.А М.: МЦНМО, 2018 г.
- 2. Подураев, Ю.В. «Мехатроника: основы, методы, применение»: учеб. пособие для студентов вузов, 2006. 256 с.
- 3. Ревич Ю. «Занимательная электроника» Издательство: БХВ-Петербург Год издания: 2017 г.
- 4. Сычков В.Б. "Методы и алгоритмы обработки информации для повышения точности выполнения целевых операций при копирующем управлении манипуляторами антропоморфного робота" Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Ставрополь 2019
- 5. Теряев, Е.Д. «Современный этап развития мехатроники и грядущая конвергенция с нанотехнологиями» / Е.Д. Теряев, Н.Б. Филимонов, К.В. Петрин // Изд-во ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008.
- 6. Хоровиц, П. У. Хилл. «Искусство схемотехники» Издательство: Мир Год издания: 2003 г.
- 7. ГОСТ 29280-92 (МЭК 1000-4-92). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Общие положения.
- 8. ГОСТ 9.014-78. Временная противокоррозионная защита изделий Общие требования.
- 9. Гололобов, В.Н. Электроника для любознательных / В.Н. Гололобов. СПб.: Наука и техника, 2018 г.
- 10.ГОСТ Р 60.0.7.1-2016. Роботы и робототехнические устройства. Методы программирования и взаимодействия с оператором. Введ. 2018-01-01.— М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
- 11.ГОСТ Р 50936 от 2013г «Ремонт, установка и техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры»

ЛU	Изм.	№ доким.	Подп.	Дата

ДР.11.02.14.25.24 ПЗ

חשטים זו ששטן

Взам. инв. М

Инв. № дибл.

эдп. и дата

- 12.Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 (ред. От 30.12.2017) "О противопожарном режиме" (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации")
- 13.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.» М.: Минздрав России, 2003.
- 14.СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81
- 15.СанПиН 2.2.2/2.4.1340 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронновычислительным 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. <a href="https://microkontroller.ru/arduino-projects/podklyuchenie-datchika-sily-usiliya-k-arduino/">https://microkontroller.ru/arduino-projects/podklyuchenie-datchika-sily-usiliya-k-arduino/</a>
  - Подключение датчика силы (усилия) к Arduino (Дата обращения 22.05.24)
- 19. <a href="https://microkontroller.ru/esp32-projects/ispolzovanie-bluetooth-v-module-esp32/">https://microkontroller.ru/esp32-projects/ispolzovanie-bluetooth-v-module-esp32/</a>

Использование Bluetooth в модуле ESP32 (Дата обращения 18.08.24)

20.<u>https://studbooks.net/2466306/prochie\_distsipliny/osnovnye\_pravila\_eksplu</u> atatsii\_elektronnoy\_apparatury

№ доким.	Подп.	Дата	

MHB. Nº GUĐA

№ доким.

Подп.

# 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. <a href="https://studref.com/650471/tehnika/protsess\_kontrolya">https://studref.com/650471/tehnika/protsess\_kontrolya</a>
  Процесс контроля (Дата обращения 13.04.24)
- 23. https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32 ESP32 (Дата обращения 16.05.24)
- 24. <a href="https://studfile.net/preview/5336409/">https://studfile.net/preview/5336409/</a> Техническое обслуживание мероприятия профилактического характера, проводимые систематически, принудительно через установленные периоды, включающие определённый комплекс работ. (дата обращения 13.04.24)
- 25.<u>https://studfile.net/preview/8852340/page:29/</u> Контрольно-измерительная аппаратура для измерения побочных электромагнитных излучений и наводок. (дата обращения 13.04.24)
- 26.https://ru.wikiversity.org/wiki/Устройства\_управления\_мехатронных\_сис тем/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.<a href="https://work.zabgu.ru/faculties\_dis/GF/RGz\_17/Merpoлогия%20и%20стан-дартизация/Лекция%204.pdf">https://work.zabgu.ru/faculties\_dis/GF/RGz\_17/Merpология%20и%20стан-дартизация/Лекция%204.pdf</a> Лекция 4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (дата обращения 13.04.24)