

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Сенсорное устройство контроля тонуса мышц</b>

УДК 681.586-026.17:612.745.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Акбашев Дмитрий Ринатович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева Вера Николаевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P7	применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P8	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Уровень образования - бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения - осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ИШИТР  
 \_\_\_\_\_ Мамонова Т.Е.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Акбашев Дмитрий Ринатович

Тема работы:

Сенсорное устройство контроля тонуса мышц.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Предметом проектирования является электронное устройство для усиления и фильтрации биопотенциалов, электроды для фиксации биопотенциалов. Устройство должно регистрировать мышечную активность пациента для дальнейшего управления исполнительными устройствами.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучить существующие способы снятия биопотенциалов;</li> <li>2. Разработать электроды;</li> <li>3. Провести эксперименты, по результатам которых выбрать электроды ;</li> <li>4. Разработать схему усиления сигнала;</li> <li>5. Разработать схему фильтрации сигнала;</li> <li>6. Протестировать полученное устройство;</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема устройства</li> <li>2. Схема подключения к Arduino</li> </ol>
--	---

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>
---

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН, К.Ф.Н.
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
Нет

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Акбашев Дмитрий Ринатович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8E51	Акбашеву Дмитрию Ринатовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад студента – 1906 руб., Оклад руководителя – 26300 руб. Человеческие ресурсы – 2 человека (руководитель и студент).</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.; Годовая норма амортизации составляет 40 %</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ, - определение трудоемкости работ, - создание диаграммы Гантта. Формирование бюджета затрат на разработку: - материальные затраты, - заработная плата (основная и дополнительная), - социальные отчисления, - накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки</i>	<i>Определение эффективности разработки.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Карта сегментации рынка,
2. Диаграмма Гантта,
3. Расчет бюджета затрат.

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева Вера Николаевна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8E51	Акбашев Дмитрий Ринатович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8E51	Акбашеву Дмитрию Ринатовичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является биопотенциалы возникающие в клетках человека и фиксируемые при помощи сенсорного устройства контроля мышц. Разработанное устройство будет использоваться для управления исполнительными устройствами при помощи напряжения мышцы.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс РФ;</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы»;</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548-96;</li> <li>– ТОИ Р-45-084-01;</li> <li>– «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.;</li> <li>– «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утверждённые Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.;</li> <li>– ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения;</li> <li>– Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»;</li> <li>– Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.;</li> <li>– ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные производственные факторы: шум, освещенность, микроклимат, нервно-психические перегрузки. Опасные производственные факторы: электрический ток, статическое электричество.</p>

<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие на атмосферу, гидросферу отсутствует. Воздействие на литосферу: утилизация ПК, утилизация ламп освещения.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возникновение пожара на рабочем месте.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Акбашев Дмитрий Ринатович		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 65 страниц машинописного текста, 16 таблиц, 19 рисунков, 1 список использованных источников из 20 наименований.

Цель работы: разработка электродов и аппаратной части сенсорного устройства контроля тонуса мышц, проведение экспериментов и сравнение различных типов электродов.

В данной работе было разработано сенсорное устройство для контроля тонуса мышц, проведены эксперименты и выбраны подходящие для данной цели электроды основываясь на экспериментах и рекомендациях.

Разработанное устройство позволит разработать систему управления для протеза кисти, что повысит удобство пользования протезами.

Ключевые слова: бионический протез, биопотенциал, электроды, операционный усилитель, аналоговые фильтры.

## Содержание

Введение.....	13
1 Обзор литературы .....	14
1.1 Мембранная теория возбудимости.....	14
1.2 Виды электродов используемых при электромиографии .....	15
2 Разработка сенсорного устройства.....	17
2.1 Эксперимент с медными электродами.....	19
2.3 Эксперимент с серебряными электродами.....	21
2.4 Расчет схемы.....	23
2.4.1 Фильтр нижних частот.....	23
2.4.2 Режекторный фильтр .....	24
2.4.3 Создание средней точки .....	25
2.4.4 Разработка принципиальной схемы .....	26
2.5 Результат снятия биопотенциалов с использованием самодельных электродов.....	27
2.6 Результат снятия биопотенциалов с использованием заводских электродов.....	28
2.7 Подключение к микроконтроллеру.....	29
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	32
3.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	32
3.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования .....	32
3.1.3 Анализ конкурентных технических решений .....	34
3.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	35
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	35
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования .....	39
3.2.3 Бюджет научно-технического исследования .....	41
3.2.4 Расчет материальных затрат .....	41
3.2.5 Основная заработная плата исполнителям темы .....	42
3.2.6 Дополнительная заработная плата .....	44
3.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	45
3.2.8 Накладные расходы.....	46

3.2.9. Контрагентные расходы .....	46
3.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	47
3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки .....	48
Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	50
4 Социальная ответственность .....	51
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	52
4.2 Производственная безопасность .....	54
4.2.1 Повышенный уровень шума .....	54
4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	55
4.2.3 Отклонения параметров микроклимата .....	55
4.2.4 Нервно-психические перегрузки .....	56
4.2.5 Статическое электричество.....	58
4.2.6 Электрический ток .....	58
4.3 Экологическая безопасность .....	60
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	61
Заключение по разделу «Социальная ответственность» .....	62
Список использованных источников .....	64

## **Определения, обозначения, сокращения**

В данном разделе поясняются основные термины и определения, а также сокращения, применяемые в процессе написания работы.

**протез:** Приспособление изготовленное в форме какой-нибудь части тела для замена утраченной природной.

**бионический протез:** Протез, который управляется при помощи сигналов живого тела: миограмма, энцефалограмма.

**биопотенциал:** Энергетическая характеристика взаимодействия зарядов, находящихся в исследуемой живой ткани, например, в различных областях мозга, в клетках и других структурах..

**миоэлектрический датчик:** Устройство для фиксации, усиления и фильтрации биопотенциалов.

**электромиография:** Метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека и животных при возбуждении мышечных волокон; регистрация электрической активности мышц.

**поляризация:** Асимметрия (смещение) электронной плотности, связывающей молекулярной орбитали ковалентной связи.

**потенциал покоя:** Мембранный потенциал возбудимости клетки в невозбужденном состоянии.

**АСИ** – агентство стратегических инициатив.

**3D** – трехмерное пространство.

**ОУ** – операционный усилитель.

## Введение

Человечество со времен средневековья и по сегодняшний день стремится создать протезы, наиболее похожие на утраченную конечность как внешне, так и функционально. Будущее — за бионическими протезами, которые механически наиболее приближены к функционалу тела здорового человека, однако проблема качественного управления такими устройствами на сегодняшний день до сих пор не имеет готового решения. По оценкам АСИ ежегодно в России требуется 62 тысячи протезов верхних конечностей, а их производство приближается лишь к 9 тысячам.[1]

В настоящее время в основном фокус делается на дешёвые бионические устройства из пластиковых деталей, выполненных в том числе при помощи технологий 3D печати. Механическая часть у таких игроков на рынке, как OttoBock или Touch Bionics, тоже развивается, но это развитие направлено не на удешевление протезов, а скорее на механику движений (плавность, естественность, точность). При подобном подходе функциональная часть протеза развивается, но управляемость остается прежней. Управляются данные протезы при помощи считывания биопотенциалов.

**Цель работы:** разработка миоэлектрических датчиков для определения биопотенциалов.

Задачи, преследуемые в данной работе:

1. определить методику снятия биопотенциалов;
2. разработать электроды;
3. разработать схему фильтрации и усиления;
4. получить сигнал.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Мембранная теория возбудимости

В 1902 г. Ю. Бернштейн выдвинул гипотезу, согласно которой клеточная мембрана пропускает внутрь клетки ионы  $K^+$ , и они накапливаются в цитоплазме. Согласно теории Ю. Бернштейна, при возбуждении клетки ее мембрана повреждается, и ионы  $K^+$  вытекают из клетки по концентрационному градиенту до тех пор, пока потенциал мембраны не становится равным нулю. Затем мембрана восстанавливает свою целостность, и потенциал возвращается к уровню потенциала покоя.

В состоянии покоя мембрана главным образом проницаема для ионов  $K^+$ , которые проводятся по ионным каналам так называемого тока утечки. Эти каналы всегда открыты и являются высокоселективными, пропуская через мембрану главным образом ионы  $K^+$ . В соответствии с модельными представлениями, концентрация  $K^+$  в клетке существенно выше чем во внеклеточной среде, и под действием концентрационного градиента (силы диффузии)  $K^+$  выходит из клетки. Однако электрическое поле негативного потенциала, формируемое высокомолекулярными анионами цитоплазмы, удерживает  $K^+$  в цитоплазме.

Исследования, выполненные А. Ходжкиным и Э. Хаксли на гигантском аксоне кальмара, показали, что потенциал покоя зависит не только от разности концентраций ионов  $K^+$  по разные стороны мембраны. Оказалось, что потенциал покоя складывается также из токов, переносимых ионами  $Na^+$  и  $Cl^-$ , возникающих в мембране из-за разности концентраций этих ионов по обе стороны мембраны.

В действительности потенциал покоя определяется не только потоками ионов по их концентрационным градиентам. Для поддержания разности концентраций для основных ионов в мембране клеток представлены разнообразные механизмы. Специальные транспортные системы переносят

ионы против их концентрационных градиентов с использованием энергии АТФ, а также концентрационных градиентов других ионов. Для поддержания клетки в стабильном состоянии затрачивается как метаболическая энергия, так и энергия ионных градиентов. Таким образом, потенциал покоя складывается как из переноса зарядов в результате пассивного движения ионов по их концентрационным градиентам, так и в результате переноса зарядов системами активного транспорта. Во многих клетках существуют транспортные системы для ионов  $\text{Cl}^-$  против его концентрационного градиента. Активный перенос  $\text{Cl}^-$  через мембрану приводит к усилению входящего пассивного тока этого иона. В результате суммации перечисленных токов варьирует у большинства нейронов млекопитающих от минус 60 до минус 75 мВ.

## **1.2 Виды электродов используемых при электромиографии**

В настоящее время электроды делают на два вида:

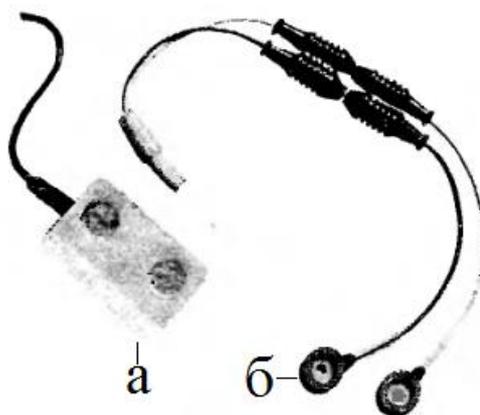
**1. Игольчатые электроды**- позволяют снимать потенциалы с отдельных мышц, но большим недостатком таких электродов является то что, это инвазивный метод.

**2. Поверхностные электроды**- позволяют снимать биопотенциал не инвазивным способом, но при этом снимают суммирующий сигнал с разных мышц, поэтому ЭМГ при котором используются данные электроды, называют суммарным ЭМГ.

Поверхностные электроды делятся на два вида с фиксированным межэлектродным расстоянием и с нефиксированным межэлектродным расстоянием.

Сами электроды представляют металлические диски или пластины площадью до  $1 \text{ см}^2$ , фиксированное расстояние рекомендовано в пределах 15-20 мм.[4]

Виды электродов представлены на рисунке 1.



а) Электродная колодка с фиксированным расстоянием; б) Электроды с нефиксированным межэлектродным расстоянием

Рисунок 1 - Виды поверхностных электродов

## 2 Разработка сенсорного устройства

### 2.1 Выбор электродов

При выборе электродов следует выбирать неполяризующиеся электроды, объясняется это тем, что при соприкосновении металлических электродов с тканью происходит их поляризация и вскоре эти поляризующиеся контакты заряжаются и становятся источниками противоположно направленной электродвижущей силы(э.д.с), блокирующей дальнейшую передачу тканевых потенциалов. По этим причинам рекомендуют пользоваться обратимыми или неполяризующимися электродами( например каломельными электродами или хлорированными серебряными электродами).[3]

Но так как изначально в наличии не имелось серебра, было принято решение попробовать сделать электроды из меди. В качестве исходного материала использовалась медная трубка диаметром 10 мм, и длиной 15 мм, которая была распилена по диаметру сечения. После полученные половины трубки были выпрямлены и получены две медные пластинки, которые в последствии обработались напильником, наждачной бумагой. Заключительном этапе производства была полировка данных электродов при помощи гравера, в качестве пасты для полировки использовали концентрированный раствор соды в воде.

В результате был получен электрод представленный на рисунке 2.



Рисунок 2 - Медный электрод после обработки

В результате экспериментов данный электрод оказался непригодным, подробно результаты экспериментов описаны во второй главе.

После неудач с медным электродом было принято решение приобрести серебро.

В качестве исходного материала использовались два куска серебра около грамма каждый, которые после обработки молотком приобрели форму пластины. Затем серебряные пластины были обработаны при помощи напильника и наждачной бумаги. После обработки пластин их требовалось покрыть слоем хлорида серебра. Для данной цели была собрана установка для анодной поляризации электрода, в качестве электролита использовался раствор NaCl, источником тока служил адаптер для зарядки телефонов (5 В, 1.5 А), минус подключался к графитовому электроду, плюс к серебряной пластинке.



Рисунок 3 - Анодная поляризация электрода

В результате было получено два серебряных электрода покрытых слоем хлорида серебра. Электроды до и после поляризации изображены на рисунке 4.



Рисунок 4 - Серебряные электроды

В итоге был собран корпус для датчиков с фиксированным расстоянием между электродами 22 мм и площадью электродов  $0.7 \text{ см}^2$ . Корпус изображен рисунке 5.



Рисунок 5 - Электроды с фиксированным расстоянием

## 2.1 Эксперимент с медными электродами

**Цель:** Изучение возможности снятия биопотенциалов при помощи медных электродов .

**Оборудование:** Медные электроды, осциллограф, электропроводный гель.

В первом эксперименте использовались медные электроды в качестве средства снятия биопотенциалов и мультиметр в качестве измерительного прибора. Перед началом эксперимента проверили что, показания электродов не зависят от внешних факторов. Подали на электроды 100 мВ и сняли напряжение равное 100 мВ, затем опустили электроды в раствор NaCl и сняли с выходов электродов напряжение равное 4 мВ, из чего можно сделать вывод что данные электроды не образуют гальванопару(что могло бы так как провода припаяны к электродам олово-свинцовым припоем) , и их показания не зависят от внешних факторов.

Первые измерения показали что напряжение фиксируемое данными электродами варьируются в пределах 35 мВ, но не реагируют на сжатие/разжатие. Было принято решение использовать масло с поваренной солью в качестве электропроводного геля для уменьшения контактного сопротивления. В следствии чего было получены такие данные , что в расслабленном состоянии вольтметр показывал 70 мВ, а в состоянии напряжения 100 мВ. Но в последующем выяснилось, что увеличение напряжения происходило за счет уменьшения контактного сопротивления вызванного придавливанием кожи к электроду.

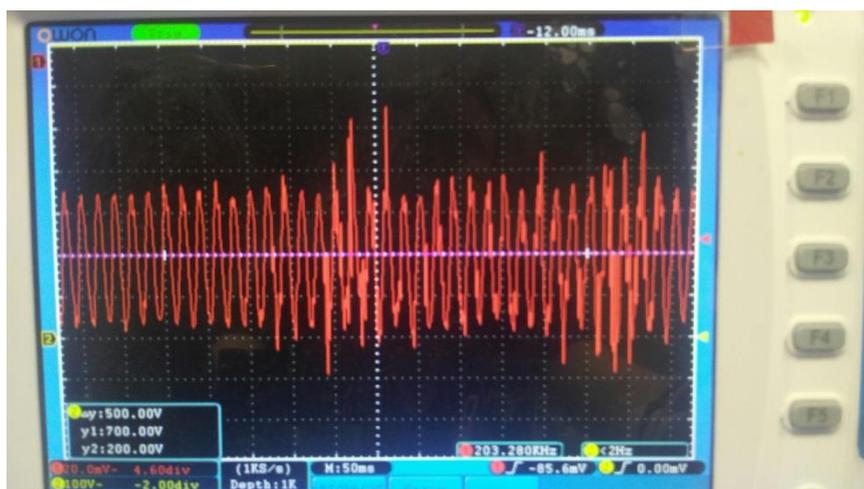


Рисунок 6 - Осциллограмма в расслабленном состоянии(медные электроды)

### 2.3 Эксперимент с серебряными электродами

**Цель:** 1.Изучение возможности снятия биопотенциалов при помощи серебряных электродов

**Оборудование:** Серебряные электроды, блок питания, вода, поваренная соль, осциллограф, электропроводный гель.

Во втором эксперименте использовались серебряные покрытые хлорсеребром электроды в качестве средства снятия биопотенциалов и мультиметр в качестве измерительного прибора. Перед началом эксперимента проверили что, показания электродов не зависят от внешних факторов. Подали на электроды 100 мВ и сняли напряжение равное 100 мВ, затем опустили электроды в раствор NaCl и сняли с выходов электродов напряжение равное 130 мВ, из чего можно сделать вывод что данные электроды образуют гальванопару (к серебряным электродам припаяны при помощи олово-свинцового припоя медные провода) . Так как условия производства не позволяют нам на данный момент получить чистые электроды, проведем эксперимент с тем, что имеется.

Предварительно обезжирим кожу и электроды спиртом и закрепим электроды так, чтоб напряжение мышцы не вызывало более плотного контакта кожи с электродом.

В качестве электропроводящего геля будем использовать гель для кардиографов. Результаты измерений представлены на рисунках 7 и 8.

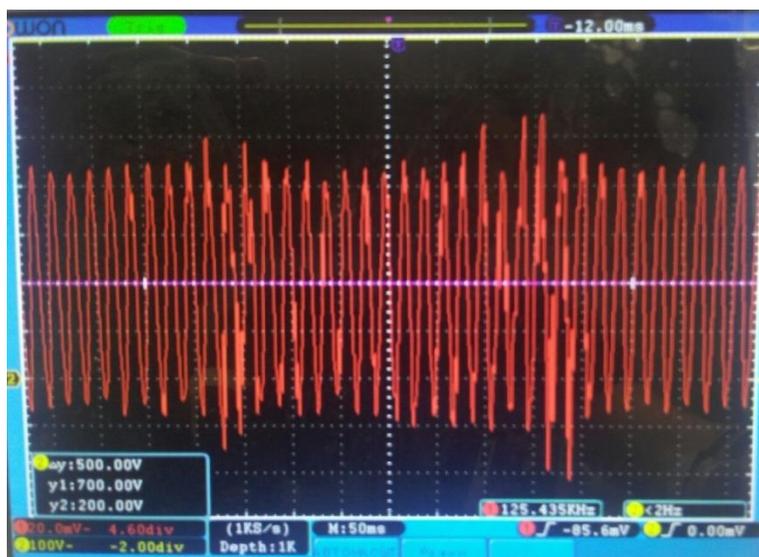


Рисунок 7 - Осциллограмма в расслабленном состоянии

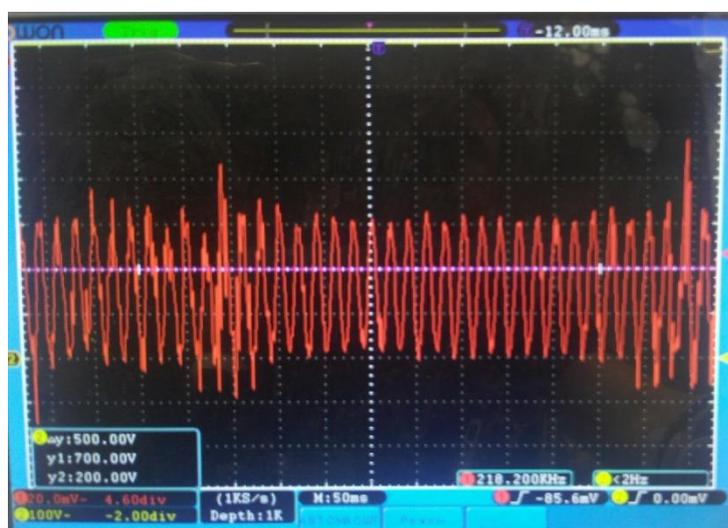


Рисунок 8 - Осциллограмма при сокращении мышцы

Из данных осциллограмм четко видна зависимость разности потенциалов в зависимости от сжатия/разжатия кисти.

В расслабленном состоянии амплитуда сигнала достигает 50 мВ, а при сокращении мышцы уменьшается до 25 мВ. Но при этом постоянная составляющая равна минус 86 мВ. Период синусоиды 0.02 с

Рассчитаем частоту сигнала. Частота сигнала рассчитывается по следующей формуле:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота синусоиды, Гц;

$T$  – период синусоиды, с.

$$f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Гц.}$$

Рассчитав частоту данного сигнала, был получен результат 50 Гц, из чего можно сделать вывод, что синусоидальный сигнал скорее всего формируется напряжением сети. Однако позже было установлено что изменение амплитуды происходит, за счет изменения длины антенны улавливающей наводки сети, в качестве антенны выступала рука.

## 2.4 Расчет схемы

После проведенных экспериментов, стало понятно, что получить биопотенциал без усиления и фильтрации не получится, поэтому рассчитаем необходимые фильтры.

Из практикума по клинической миографии известно[4], что полезный сигнал лежит в диапазоне от 0 Гц до 400 Гц, исходя из этих данных, рассчитаем фильтр нижних частот и режекторный фильтр для борьбы с помехой 50 Гц.

### 2.4.1 Фильтр нижних частот

Фильтр нижних частот позволяет подавлять сигналы имеющие частоту больше частоты среза и простейшая его реализация это RC цепочка представленная на рисунке 9.

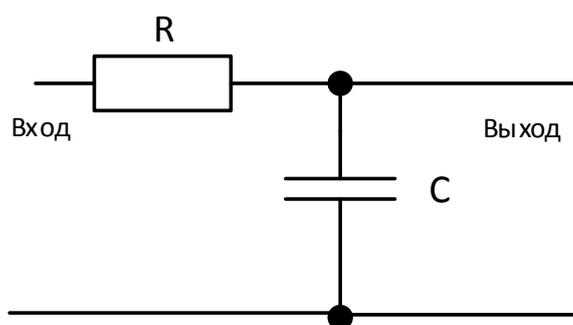


Рисунок 9 - RC фильтр нижних частот

Частота среза RC-фильтра рассчитывается по следующей формуле[5]:

$$f = \frac{1}{2\pi R C} , \quad (2)$$

где  $f$  – частота среза, Гц;

$R$  – сопротивление резистора, Ом;

$C$  – емкость конденсатора, Ф.

Возьмем резистор 5,5 кОм, частота среза 400 Гц

$$C = \frac{1}{2\pi R f} = \frac{1}{2\pi * 5.5 * 10^3 * 400} = 0.1 \text{ мкФ}$$

### 2.4.2 Режекторный фильтр

Полосно – заграждающий (Режекторный) фильтр не пропускает сигналы в определенной полосе частот. Но при этом хорошо пропускает частоты выше и ниже частоты среза. Существует Т- фильтр и 2Т-фильтр , рекомендуется использовать 2Т фильтр, так как он имеет большую добротность.

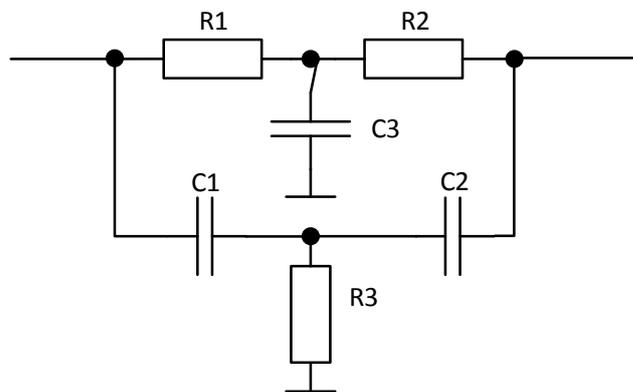


Рисунок 10 - полосно – заграждающий фильтр

Номиналы резисторов должны быть на порядок больше выходного импеданса предыдущего каскада.

Центральная частота вычисляется по формуле[6] :

$$f = \frac{1}{2\pi * R * C} \quad (3)$$

где  $f$  – частота среза, Гц;  
 $R$  – сопротивление резистора, Ом;  
 $C$  – емкость конденсатора, Ф.

Возьмем резистор 10 кОм и частоту среза 50 Гц и найдем емкость конденсаторов.

$$C = \frac{1}{2\pi * R * f} = \frac{1}{2\pi * 10^4 * 50} = 318 \text{ нФ}$$

Ближайший по номиналам конденсатор равен 330 нФ, поэтому берем его.

### 2.4.3 Создание средней точки

Для питания операционных усилителей рекомендуют использовать двухполярное питание, так как исследуемый сигнал имеет переменное значение. Для создания биполярного питания и создания средней точки используется резистивный делитель напряжения и повторитель напряжения на ОУ. Полученная схема представлена на рисунке 11.

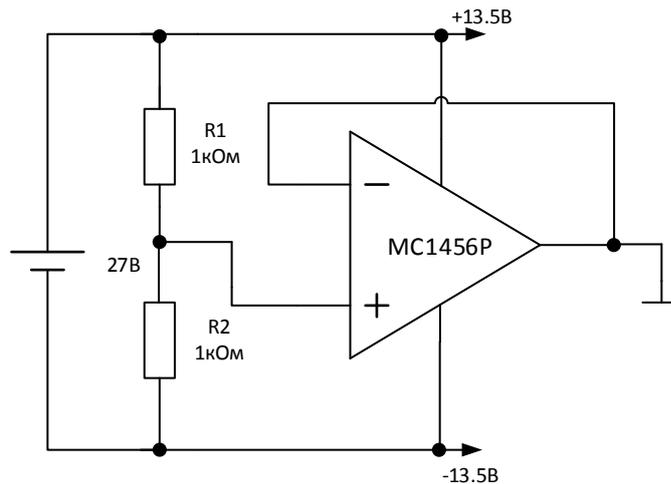


Рисунок 11 - Схема питания

## 2.4.4 Разработка принципиальной схемы

Для нахождения разности потенциалов между клетками мышцы будем использовать схему вычитания сигналов на операционном усилителе при которой[7]:

$$U_{\text{ВЫХ}} = a(U_{\text{ВХ2}} - U_{\text{ВХ1}}) \quad (4)$$

где  $U_{\text{вых}}$  – напряжение на выходе ОУ, В;

$a$  – коэффициент усиления ОУ;

$U_{\text{вх2}}$  – напряжение на не инвертирующем входе ОУ, В;

$U_{\text{вх1}}$  – напряжение на инвертирующем входе ОУ, В;

При условии что сопротивления на обоих входах одинаковое получаем

:

$$a = \frac{R_{\text{осс}}}{R_{\text{вх}}}, \quad (5)$$

где  $R_{\text{осс}}$  – сопротивление обратной связи;

$R_{\text{вх}}$  – сопротивление на входе.

Для усиления биопотенциалов необходимо использовать ОУ с входными каскадами на полевых транзисторах, так как данный сигнал является источником низкого напряжения и «упадет» на биполярных транзисторах.

Полученная схема представлена на рисунке 12

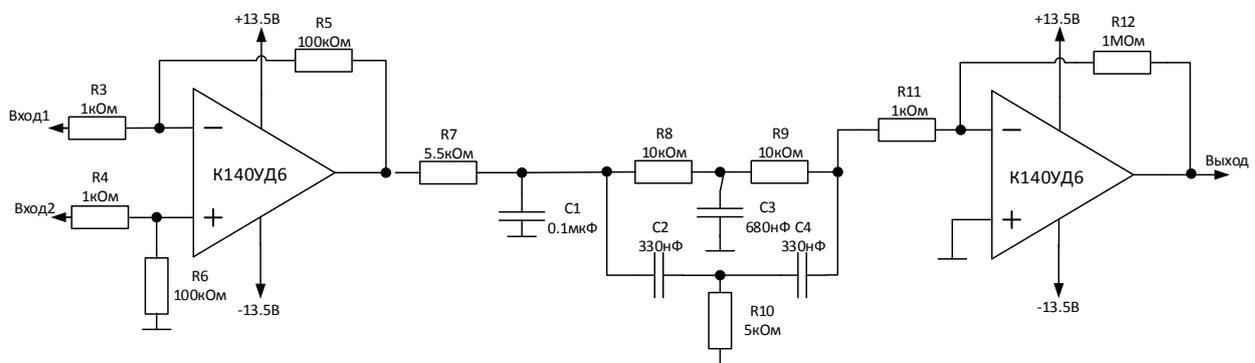


Рисунок 12 - Схема устройства

## 2.5 Результат снятия биопотенциалов с использованием самодельных электродов.

Использовались три электрода, два накладывались вдоль мышцы, а третий, так называемый электрод сравнения накладывался рядом с первыми, но не соприкасаясь с мышцей, создавая тем самым заземление относительно руки.

Результаты измерения приведены на рисунках 13 и 14.



Рисунок 13 - Осциллограмма в расслабленном состоянии



Рисунок 14 - Осциллограмма при сокращении мышцы

Из данных рисунков видно, что максимальная амплитуда сигнала 0.3 В, а минимальная 0.1 В, это связано с тем что, датчики ловят помехи, но все таки можно сделать вывод, что уровень сигнала зависит от степени напряжения мышцы.

## 2.6 Результат снятия биопотенциалов с использованием заводских электродов.

Для сравнения качества самодельных электродов были приобретены готовые электроды для миостимуляторов. Результаты измерений приведены на рисунках 15 и 16



Рисунок 15 - Осциллограмма в расслабленном состоянии

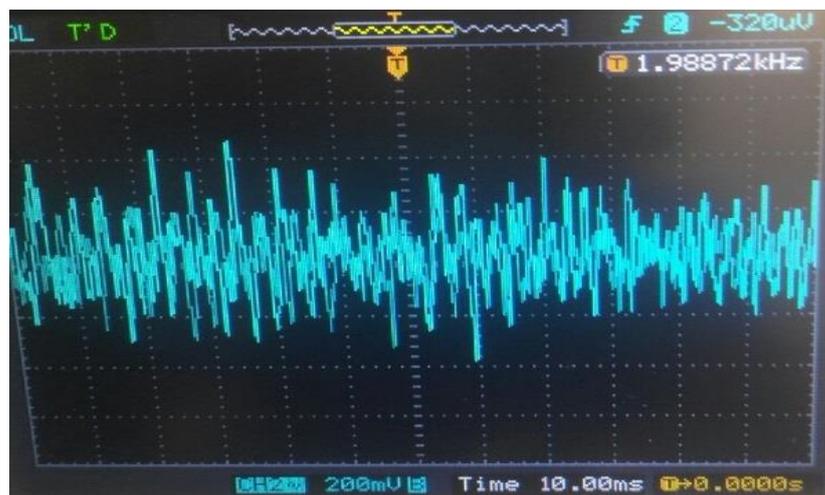


Рисунок 16 - Осциллограмма при сокращении мышцы

Из данных рисунков видно, что максимальная амплитуда сигнала 0.4 В, а минимальная 0.1 В, что не существенно отличается от самодельных электродов, предположительно это связано с тем, что площадь соприкосновения данных электродов с кожей больше чем у самодельных.

## 2.7 Подключение к микроконтроллеру

В качестве микроконтроллера используется Arduino Mega. Так как полученный сигнал является переменным, то для простоты обработки подадим его на Arduino через диодный мост с конденсатором, для сглаживания выпрямленного сигнала. Для моста были выбраны диоды Шоттки 1N5819, т.к. имеют малое падение напряжения и низкую стоимость. Конденсатор методом подбора был выбран 100 мкФ.

Схема подключения представлена на рисунке 17.

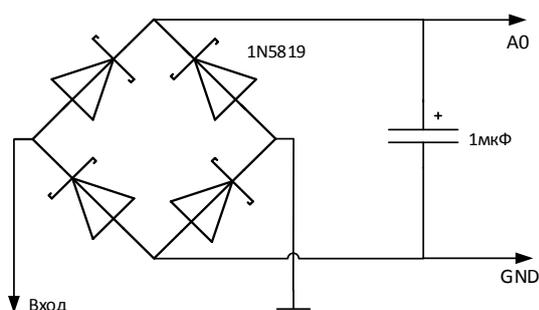


Рисунок 17 - Схема подключения к контроллеру Arduino

Полученный сигнал умножим на 200, для усиления и выведем на экран. Полученный график представлен на рисунке 18.

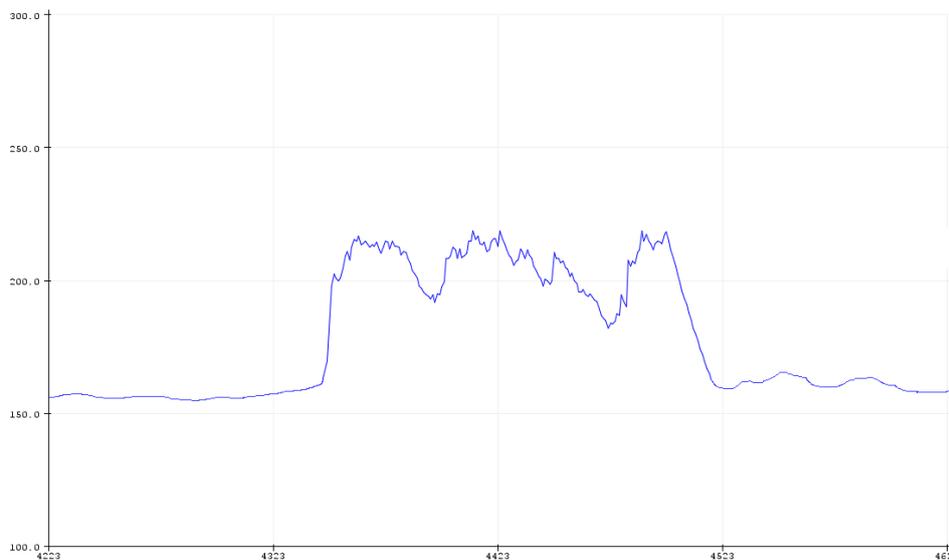


Рисунок 18- Обработанный сигнал

Программа реализующая сжатие кисти при помощи вращения сервопривода показана ниже.

```
#include <Servo.h>
Servo servo;
float volt;
int c;

void setup() {
  Serial.begin(19200);
  servo.attach(2);
}

void loop()
{
  volt= (analogRead(A0)/1023.0*4.94 );
```

```
volt=volt*200;  
servo.write(0);  
while(volt>170)  
servo.write(180);  
}
```

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **3.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Цель экономического раздела - провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

#### **3.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования**

В ходе ВКР были проведены исследования для получения оценки потребности рынка в устройстве для контроля тонуса мышц. Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить целевой рынок и произвести его сегментирование. Целевым рынком является рынок медицинской робототехники. Конечными потребителями являются пациенты с ампутациями верхних и нижних конечностей, а так же пациенты, нуждающиеся в реабилитации после периода низкой мышечной активности.

Одним из наиболее популярных решений по восстановлению конечности является протезирование. Протезы по функционалу делятся на косметические, тяговые и бионические. Восстановление малого или базового функционала конечности удастся осуществить при применении бионических протезов. Сейчас в открытом доступе находится множество 3D моделей протезов, которые может распечатать любой пользователь, но для их работы нужен управляющий сигнал зависящий от степени напряжения остаточных мышц. Протез обладающий системой управления основанной на регистрации сигналов с остаточных мышц, повышает удобство его

использования и расширяет область применения. Однако на данный момент только дорогие сенсорные устройства обладают достаточной чувствительностью и точностью необходимой для удобного пользования протезом. Главной особенностью данной разработки будет являться ее простота реализации и низкая цена. Устройство обладает способностью получения не только значений максимально расслабленной или напряжённой мышцы, но и промежуточных значений, что позволяет регулировать силу сжатия кисти. Самые популярные аналоги это миодатчик для ардуино, SX230FW EMG и MYO sensor BPSDual. Главный недостаток – плохое качество сигнала при низкой цене. Данный продукт не позволяет использовать протез с максимальным функционалом. Из сказанного выше можно сделать вывод, что нужно создать устройство, которое позволит создать устройство контроля тонуса мышц, с максимальным функционалом, не уступающее по цене аналогам. К такому же выводу можно прийти, проанализировав карту сегментации рынка (таблица 1)

Таблица 1 – Карта сегментации рынка

		Качественный сигнал	
		Да	Нет
Цена	Дешевый (до 10 000 руб.)	-	MYO sensor BPSDual Миодатчик для ардуино
	Дорогой (свыше 10 000 руб.)	SX230FW EMG	

Серым в таблице обозначен целевой сегмент рынка.

### 3.1.3 Анализ конкурентных технических решений

Проведем анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты. Такой анализ нужно проводить периодически из-за того, что постоянно появляются новые технологии и рынок растет

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1- наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 (таблица 2)

Таблица 2 - Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользования	0.12	5	5	4	0.60	0.60	0.48
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.09	5	4	3	0.45	0.36	0.27
3. Помехоустойчивость	0.14	4	4	4	0.56	0.56	0.56
4. Энергоэкономичность	0.14	5	4	5	0.70	0.56	0.70
5. Надежность	0.07	4	5	5	0.28	0.35	0.35
6. Безопасность	0.09	4	5	5	0.36	0.45	0.45
7. Потребление к ресурсам памяти	0.08	5	4	5	0.40	0.32	0.40
8. Простота эксплуатации	0.12	5	4	3	0.60	0.48	0.36
9. Мобильность	0.05	5	5	4	0.25	0.25	0.20
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
10. Цена	0.1	5	3	4	0.50	0.30	0.40
<b>Итого:</b>	1	47	43	41	4.70	4.23	4.17

Где  $B_{\phi}$  – разрабатываемое устройство,  $B_{k1}$  – устройство SX230FW EMG,  $B_{k2}$  - устройство MYO sensor BPSDual.

Конкурентоспособность рассчитываем по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (6)$$

где  $K$  – конкурентоспособность разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Преимущество перед конкурентами: низкая цена, удобство и простота эксплуатации, энергоэкономичность. Конкуренты выигрывают по надежности и безопасности. Но цена на конкурентный продукт выше,. Для понижения стоимости разрабатываемого продукта применены другие технологии для достижения сходной цели.

## **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-часах и зависит от множества факторов, которые сложно учесть при разработке. Для реализации проекта необходимо 2 исполнителя – научный руководитель (НР), студент (С). Этапы работы проекта представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ этапа	Содержание работ	Исполнитель
Разработка задания	1	Постановка задачи	НР
Выбор направления исследования	2	Обзор научно-технической базы	НР, С
	3	Разработка и утверждение ТЗ	НР, С
	4	Составление календаря проекта	С
	5	Разработка вариантов исполнения проекта	НР, С
Теоретические исследования	6	Анализ вариантов исполнения	С
	7	Разработка схемы устройства, подбор компонентов	НР, С
	8	Разработка электродов	С
	9	Разработка алгоритма работы	С
Экспериментальные исследования	10	Сборка прототипа	С
	11	Тестирование работы алгоритма	С
	12	Обработка полученных результатов	С
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	С

Основная часть стоимости разработки зачастую приходится на заработную плату исполнителей, поэтому важно определить трудоемкость каждого из участников. Ожидаемая трудоемкость находится по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3*t_{min\ i} + 2*t_{max\ i}}{5} \quad (7)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. –дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$t_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (8)$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой. Для примера произведём расчёт первого этапа работы руководителя:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (9)$$

где  $t_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$t_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{t_{кал}}{t_{кал} - t_{вых} - t_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,5.$$

где  $t_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$t_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$t_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В таблице 4 находятся расчеты этапов отдельных видов работ.

Таблица 4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях $t_{\text{pi}}$	Длительность работ в календарных днях $t_{\text{ki}}$		
	$t_{\text{min}}$ чел-дни		$t_{\text{max}}$ чел-дни		$t_{\text{ожи}}$ чел-дни					
	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Одновременное выполнение работ		Одновременное выполнение работ	
							Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель
Постановка задачи	5	3	8	6	6,2	4,2	3,1	2,1	5	1
Обзор научно-технической базы	7	2	12	4	9	2,8	4,5	1,4	10	3
Разработка и утверждение ТЗ	7	1	12	2	9	1,4	4,5	0,7	11	2
Составление календаря проекта	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	6	0
Разработка вариантов исполнения проекта	9	4	16	7	11,8	5,2	5,9	2,6	14	4
Анализ вариантов исполнения	5	0	10	0	7	0	7	0	11	0

Продолжение таблицы 4 – Временные показатели проведения научного исследования

Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	6	4	14	8	9,2		4,6	2,8	13	4
Разработка электродов	5	0	9	0	6,6	0	6,6	0	10	0
Разработка алгоритма работы	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	6	0
Сборка прототипа	5	0	9	0	6,6	0	6,6	0	10	0
Тестирование работы алгоритма	3	0	6	0	4,2	0	4,2	0	6	0
Обработка полученных результатов	5	0	7	0	5,8	0	5,8	0	9	0
Составление пояснительной записки	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	7	0
Итого									118	14

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 2 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 5 – Диаграмма Ганта

№ этапа	Этап	Исполнитель	T <sub>ki</sub>	Продолжительность выполнения работ														
				Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь										
1	Постановка задачи	НР	1	1														
		С	5	2														
2	Обзор научно-технической базы	НР	3	3														
		С	10	4														
3	Разработка и утверждение ТЗ	НР	2	5														
		С	11	6														
4	Составление календаря проекта	С	6	7														
5	Разработка вариантов исполнения проекта	НР	4	8														
		С	14	9														
6	Анализ вариантов исполнения	С	11	10														
7	Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	НР	4	11														
		С	13	12														
8	Разработка электродов	С	10	13														
9	Разработка алгоритма работы	С	6	14														
10	Сборка прототипа	С	10	15														
11	Тестирование работы алгоритма	С	6	16														
12	Обработка полученных результатов	С	9	17														
13	Составление пояснительной записки	С	7	18														

### 3.2.3 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты разработки;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы

### 3.2.4 Расчет материальных затрат

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_m = (1 + k_t) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (10)$$

где  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена
ПК	Шт.	1	25000
Канцелярский набор	Шт.	1	300
Паяльник	Шт.	1	1000
Набор для пайки	Шт.	1	400
Контроллер	Шт.	1	600
Батарейка типа «Крона»	Шт.	3	50
Набор инструментов	Шт.	1	1000
Набор радиокомпонентов	Шт.	1	800
Сервопривод	Шт.	1	250
Провод (1 м.)	Шт.	2	30
Итого, руб.	29560		

### 3.2.5 Основная заработная плата исполнителям темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (11)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20% от  $Z_{осн}$ ).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении года : при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 72 раб. дня  $M=9,6$ .

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала раб. дн.

Таблица 5 – Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} * (1 + k_{\text{нр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (13)$$

где  $Z_{\text{мс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{нр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия 15-20% от  $Z_{тс}$ )

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель		26300	0,3	0,2	1,3	51285	2680,2	14	37522,8
Студент		1906	0	0	1,3	2477,8	137,5	118	16225
Итого:									53747,8

### 3.2.6 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле :

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} , \quad (14)$$

где  $k_{доп}$  - коэффициент дополнительной заработной платы ( на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{доп}$  равен 0,12. Результаты про расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	37522,8	0,12	4502,74
Студент	16225	0,12	1947
Итого:			6449,74

### 3.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (15)$$

где  $k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 г. В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	37522,8	4502,74
Студент	16225	1947

Продолжение таблицы 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27.1%
<b>Итого</b>	
<b>Руководитель</b>	11388,92
<b>Студент</b>	4924,6
<b>Итого</b>	16313,532

### 3.2.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{нак}} = \sum C_T * k_{\text{нр}}, \quad (16)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы;

$C_T$  – затраты по статьям накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 10%

$$Z_{\text{нак}} = (29560 + 53747,8 + 6449,74 + 16313,532) * 0.10 = 10607,1$$

### 3.2.9. Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками). В данном проекте отсутствует необходимость в стороннем подрядчике.

### 3.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского

#### проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма(руб.)
1.Материальные затраты НИИ	29560
2.Затраты на заработную плату научному руководителю	53747,8
3.Затраты на заработную плату студенту	6449,74
4.Затраты на отчисления во внебюджетный фонд	16313,532
5.Накладные расходы	10607,1
Бюджет затрат НИИ	116678,172

### 3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Аналоги для построения карты глубины являются уже полностью готовыми устройствами. Стоимость разработки устройства MYO sensor BPSDual, равняется 150000 руб, SX230FW EMG 325000 руб, у студента с руководителем 117000 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{SX230}} = \frac{325000}{325000} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{BPS}} = \frac{150000}{325000} = 0,46$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{пр.студент}} = \frac{117000}{325000} = 0,36$$

В таблице 10 приведена сравнительна характеристика.

Таблица 10 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Вес. коэф.	SX230	BPS	Разработк а студента
1. Качество получаемого сигнала	0,25	4	4	5
2. Помехоустойчивость	0,25	5	3	4
3. Мобильность	0,15	5	5	5
4. Простота эксплуатации	0,1	4	4	5
5. Надежность	0,1	5	5	4
6. Чувствительность	0,15	4	3	4
Итого	1	24	25	27

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:  $I_{\text{студент}} = 4,5$ ;  $I_{\text{SX230}} = 4,5$ ;  $I_{\text{BPS}} = 3,85$ .

Рассчитаем интегральные показатели эффективности:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4,5}{0,36} = 12,5$$

$$I_{\text{SX230}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

$$I_{\text{BPS}} = \frac{3,85}{0,46} = 8,3$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{12,5}{12,5} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,5}{12,5} = 0,36$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{8,3}{12,5} = 0,664$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 11.

Таблица 11. Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Студент	SX230	BPS
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,36	1	0,46
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	12,5	5,5	8,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,36	0,664

## **Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

- 1) Анализ конкурентных технических решений, позволил разобрать конкурентов, и выбрать какой сегмент рынка, планируется занять;
- 2) была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы;
- 3) затраты на разработку системы составили 116678,172руб.;
- 4) проведена оценка ресурсоэффективности проекта.

#### **4 Социальная ответственность**

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка сенсорного устройства для контроля тонуса мышц.

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Так же рассмотрен комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые необходимы к выполнению в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Спроектированный комплекс позволяет выполнять наблюдение и исследование процесса горения дугового разряда постоянного тока. Понимание процесса возникновения и поведения дуги важно в процессе синтеза различных функциональных материалов, так как от повторяемости эксперимента зависит стабильность синтеза материалов.

Были выделены и рассмотрены такие факторы, воздействующие на разработчика алгоритма, как: освещение, микроклимат, электромагнитное излучение, шум, нервно-психические перегрузки. К опасным факторам при работе с персональным компьютером можно отнести возможность поражения разработчика электрическим током. Рассматриваются вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

Программные продукты не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием персональных компьютеров, что оказывает негативное влияние на литосферу при утилизации ПК.

## 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работодатели при установке ПК обязаны выполнить следующий основной перечень требований:

- к помещению;
- к освещению;
- к организации медицинского обследования пользователей.

Немаловажным фактором при выборе компьютеров для сотрудников является возможность конструкции компьютера изменять положение ПК в различных плоскостях (горизонтальные или вертикальные), с возможной устойчивой фиксацией в положении, которая удобна пользователю. Экран монитора должен содержать регулировку яркость и контрастности, что каждый работник мог установить нужный режим, которые будет соответствовать чувствительности глаз.

Устройство рабочего стола должна быть использовано для оптимального размещения используемого оборудования. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так что бы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления.

На рисунке 19 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

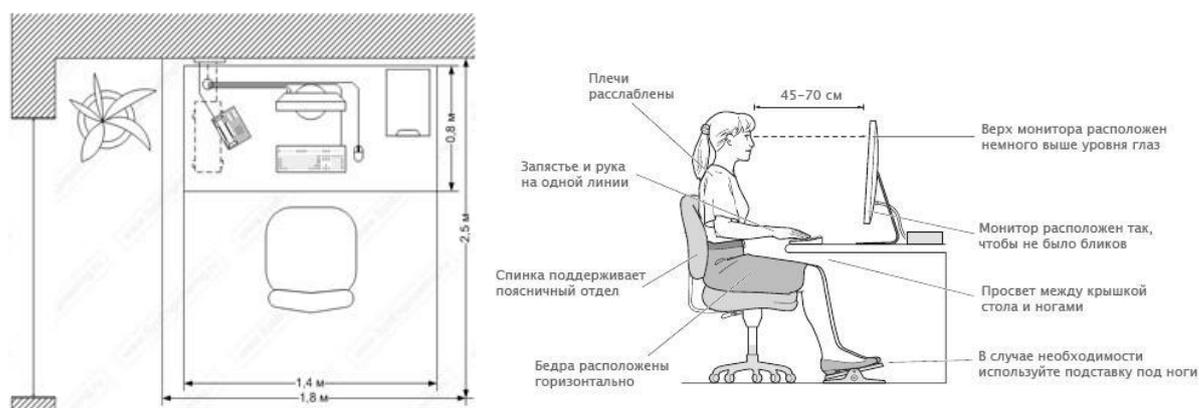


Рисунок 19 - Схема рабочего места (вид сверху и сбоку)

Согласно 212 статье ТК РФ [18] работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда. В данный ряд входит обеспечение соответствия условий рабочих мест и режима работы требованиям норм охраны труда, проведение медицинских осмотров, организация проведения медицинских осмотров, установление режима труда и отдыха в соответствии с законодательством и т.д.

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [19] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке сенсорного устройства контроля тонуса мышц:

Таблица 12 - Вредные и опасные факторы

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015		Нормативные документы
Вредные	Повышенный уровень шума	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [12]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [12]
	Отклонения параметров микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 [13]
	Нервно-психические перегрузки	ТОИ Р-45-084-01 [14]
Опасные	Электрический	«Правила технической эксплуатации

	ток, в том числе статическое электричество	электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. [15]  «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. [16]
--	--	--

## 4.2 Производственная безопасность

### 4.2.1 Повышенный уровень шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10] установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 13).

Таблица 13 - Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления (дБ), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)									Уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

#### 4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В данном случае к негативным факторам относятся повышенные урени излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы.

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10] (таблица 14).

Таблица 14 - Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПЭВМ	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блесккость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5 %

#### 4.2.3 Отклонения параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует

поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с ВДТ и ПЭВМ для категории работы 1б приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96 [11]).

Период года	Категория работ по уровню эн. затрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Отн. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140 - 174) Вт	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0.1
Теплый		22 - 24	21 - 25	60 - 40	0.1

#### 4.2.4 Нервно-психические перегрузки

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения

воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 16 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 16 - Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

Категория работ с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин.
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, часов	
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90

В данном случае уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере согласно ТООИ Р-45-084-01 [12] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

#### **4.2.5 Статическое электричество**

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

#### **4.2.6 Электрический ток**

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Возникновение пожара может привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81 [15].

Во избежание смерти и других негативных эффектов необходимо соблюдать правил пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6 [13];
- Межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. №3 [14].

Согласно им:

- электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;
- все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);
- при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на электрооборудовании влажными руками;
- вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;
- выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);

- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;
- перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний;

### **4.3 Экологическая безопасность**

Для разработки системы построения карт глубины необходим компьютер, следовательно, в нашем случае воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера. ПК может нагреваться, а также быть источником электромагнитного и ионизирующего излучения, а также шума. Для защиты здоровья сотрудников, работающих с программным обеспечением, рекомендуется соблюдать необходимую дистанцию при работе с компьютером (от 0.5 до 1 м), а также использовать эффективные охлаждающие системы и наиболее современное и эффективное оборудование.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» [16] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г. [17], могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» [18]

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Необходимо отметить, что в целом при работе с компьютером существенного загрязнения окружающей среды не происходит и вредные выбросы не сравнимы с производственными.

Также существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии ртути в их составе. Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при проектировании алгоритма является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, иметь средства связи и знать номера экстренных служб.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ);
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация и средства связи.

### **Заключение по разделу «Социальная ответственность»**

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при разработке сенсорного устройства контроля тонуса мышц. Был проведен анализ нормативной документации.

В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения, а также жесткий диск, однако уровень создаваемого ими шума невысок.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений электроники статическим электричеством не обеспечивается, однако так как корпус ПК закрыт, вероятность поражения элементов или работника минимальна (если не прикасаться мокрыми руками к корпусу).

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

## Список использованных источников

1. Vademec [Электронный ресурс]; «Дензнак без конечности» URL: [https://vademec.ru/article/denznak\\_bez\\_konechnosti/](https://vademec.ru/article/denznak_bez_konechnosti/) (дата обращения: 18.09.2018).
2. В.Katz. Nerve, Muscle, and Synapse – London, 1996. – P. 34-42.
3. Патентный поиск [Электронный ресурс]; «Хлорсеребряный электрод для снятия биопотенциала» URL: <http://www.findpatent.ru/patent/217/2177714.html> (дата обращения: 27.01.2019).
4. С.Г.Николаев, Практикум по клинической электромиографии, Иваново 2003. – 23 с.
5. VT-Tech [Электронный ресурс]; «Онлайн расчет RC фильтров (ФНЧ и ФВЧ)» URL: <https://vt-tech.eu/articles/calculators/165-simple-rc-filters.html> (дата обращения (09.04.2019)).
6. Vpayaem [Электронный ресурс]; «Онлайн расчет режекторных фильтров на RC цепях» URL: <http://vpayaem.ru/information10.html> (дата обращения (09.04.2019)).
7. У.Титце, К.Шенк. Полупроводниковая схемотехника, пятое издание, Мюнхен 1982. - 138 с.
8. Трудовой Кодекс Российской Федерации
9. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
11. СанПиН 2.2.4.548-96
12. ТОИ Р-45-084-01
13. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.
14. «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.

15. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Пожарная безопасность. Термины и определения
16. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»
17. Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.
18. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»