

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ) автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование протеза кисти для протезирования верхних конечностей

УДК 004.4:615.477.21-043.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E41	Колошин Павел Николаевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Мамонова Т. Е.	к. т. н.		
Руководитель ООП	Мамонова Т. Е.	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Петухов О. Н.	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД	Авдеева И. И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С. В.	к. т. н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код рез- та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, 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.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке,	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5,

	<p>производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.</p>	<p>ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>
P4	<p>определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>
P5	<p>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</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>

	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.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем,	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9),

	демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3,), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ 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
8Е41	Колошин Павел Николаевич

Тема работы:

Проектирование протеза кисти для протезирования верхних конечностей

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 2126/с от 27.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

09.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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 протез кисти человека. Материал изделия: полиамид. Требования к изделию: самоторможение механизма, плавность работы, минимизация масса-габаритных показателей, использование предоставленных двигателей (Pololu 250:1) и платы Arduino Pro Micro.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести обзор литературы и аналогов 2. Выявить недостатки существующего прототипа 3. Спроектировать механический преобразователь для движения пальца 4. Скомпоновать механизмы движения и систему управления в корпусе кисти 5. Оформить конструкторскую документацию

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Альбом чертежей. 2. Блок-схемы алгоритма.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич, доцент ОСГН, к.э.н.
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент ОКД
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Колошин Павел Николаевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Уровень образования бакалавр

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 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:	11.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.06.2018	Основная часть	60
24.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
16.05.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОАР	Мамонова Татьяна Егоровна	К. Т. Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОАР	Мамонова Татьяна Егоровна	К. Т. Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 70 страниц, включает в себя 6 рисунков, 23 таблицы и 2 приложения. При работе были использованы 20 источников литературы.

Ключевые слова: протез, миоэлектрический, кисть, винт-гайка, «Моторика».

Цель работы - модернизация прототипа протеза кисти человека, реализованного на предприятии ООО «Моторика»

Объектом исследования является протез кисти человека.

В выпускной квалификационной работе произведена разработка механического преобразователя и модулей пальцев протеза.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы использовались программные продукты Solid Works, DipTrace. Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ПОТ Р М-022-2002 «Межотраслевые правила по охране труда при проведении работ по пайке и лужению изделий»;
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)»;
4. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
6. ГОСТ 2.770-68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики;
7. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования»;
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
9. ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;
10. ГОСТ Р 50571.3-2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током»;
11. ГОСТ Р 51626-2000 «Волокна химические (синтетические). Требования безопасности»;

Определения

Культия - часть конечности, остающаяся после ампутации (экзартикуляции), травмы или обусловленная врожденным пороком развития.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление	11
Введение.....	13
1 Теоретическая часть.....	14
1.1 Обзор аналогов.....	14
1.1.1 BeBionic 3	14
1.1.2 I-limb ultra	15
1.1.3 Otto bock Michelangelo.....	16
1.1.4 MyoFacil	17
1.3 Получение сигнала от человека.....	19
2 Объект и методы исследования	20
3 Расчеты и аналитика	21
3.1 Выбор передачи.....	21
3.2 Расчет винтовой передачи.....	22
3.3 Устройство механического преобразователя.....	25
4 Результаты разработки	26
4.1 Модуль пальца.....	26
4.2 Система управления.....	28
4.3 Программная часть	29
5 Финансовый менеджмент.....	32
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	32
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	32
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	32
5.1.3 Технология QuaD	33
5.1.4 SWOT – анализ.....	35
5.1.5 Морфологический анализ	37
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	38
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	38
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	39

5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	43
5.3	Бюджет научно-технического исследования	45
5.3.1	Расчет материальных затрат	45
5.3.2	Основная заработная плата исполнителям темы.....	46
5.3.3	Дополнительная заработная плата	48
5.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	49
5.3.5	Накладные расходы	50
5.3.6	Контрагентные расходы	50
5.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	50
5.3.8	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов	51
6	Социальная ответственность	55
6.1	Производственная безопасность	55
6.1.1	Микроклимат.....	56
6.1.2	Шум	57
6.1.3	Психофизиологические факторы	59
6.1.4	Освещение	60
6.1.5	Вредные вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания	62
6.1.6	Термическая опасность	63
6.1.7	Электробезопасность.....	64
6.2	Экологическая безопасность.....	65
6.2.1	Анализ воздействий объекта на литосферу	66
6.2.2	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
6.2.3	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
6.3	Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	68
7	Заключение	69
8	Список используемых источников.....	70

ВВЕДЕНИЕ

В России по статистическим данным около 15 миллионов человек являются инвалидами. Это примерно 10 % от всего населения страны. Исходя из данных Всемирной Организации Здравоохранения, по миру такая тенденция сохраняется – 13 % всего населения Земли.

Отсутствие верхних конечностей является одной из широко распространенных причин получения инвалидности. При этом, рискам подвержены все возрастные группы, начиная от младенцев (врожденная аплазия кисти), заканчивая стариками (производственные, военные травмы, несчастные случаи и т.д.). Теряя даже одну из рук, человек зачастую получает серьезную психологическую травму, теряет работоспособность и возможность быстро выполнить простые бытовые действия, к примеру, порезать пищу, вымыть руки или застегнуть рубашку. Чтобы облегчить жизнь таким людям, были придуманы протезы верхних конечностей. С развитием науки и технологии стало возможным сделать мехатронные протезы, служащие отличным подспорьем для людей с ограниченными возможностями.

На данный момент, не так много организаций занимается решением данной проблемы. В большинстве своем, роботизированные протезы представляют собой прототипы, которые можно использовать лишь в лабораторных условиях из-за сложности управления и конструкторских особенностей конечного продукта. Самыми известными организациями в этой области являются Touch Bionics, Ottobock и Российская фирма «Моторика».

Целью работы является модернизация прототипа протеза кисти человека, реализованного на российском предприятии ООО «Моторика». Объект исследования: математическое моделирование аппаратной части для разработки прототипа протеза. Предмет исследования: проектирование механического преобразователя для движения пальца и создание модуля пальца.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обзор аналогов

Сегодня на рынке бионических протезов имеется несколько уникальных моделей, которые обладают разным функционалом. В данной работе я рассмотрел некоторые из них.

1.1.1 BeBionic 3

Данная модель разработана британской компанией RSLSteeper в 2012 году. Протез оснащен индивидуальным двигателем на каждый палец, что позволяет перемещать руку и захватывать предметы естественным, скоординированным способом. Двигатели позиционируются для оптимизации распределения веса, что делает руку более легкой и удобной. Мощные микропроцессоры обеспечивают точное управление протезом, отслеживая положения каждого пальца. Также, протез имеет 14 запрограммированных захватов, которые позволяют выполнять самые различные задачи, например, захват и удерживание яйца. Модель имеет грузоподъемность до 45 килограммов. Запястье выполнено по технологии EQD (Electrical quick disconnect): в основании кисти расположены зубцы, которые закрепляют кисть, состыковываясь с зубцами в гильзе; отверстие в основании предназначено для вращения кисти по принципу скользящего контакта, а также передачи управляющих сигналов; по окружности располагаются подшипники, обеспечивающие вращение кисти [1]. В таблице 1 приведены технические характеристики данного протеза.

Таблица 1 – Технические характеристики бионического протеза BeBionic 3

Технические характеристики кисти BeBionic 3	Кисть большого размера
Максимальная сила захвата всеми пальцами, Н;	140.1
Максимальное время раскрытия или закрытия – Захват всеми пальцами, сек;	1
Максимальная статическая нагрузка – захват «крюком», кг;	45
Максимальная нагрузка на каждый палец – Захват «крюком», кг;	25
Максимальная допустимая вертикальная нагрузка через костяшки пальцев, кг;	90

Согласно источнику [2], цена такого протеза составляет от \$25 000 до \$35 000.

1.1.2 I-limb ultra

Британская компания Touch Bionics в 2014 году выпустили новую линейку своих протезов i-limb. Одной из моделей данной линейки является мульти-артикулирующий протез с пятью автономными пальцами, с ручным переключением i-limb ultra. Модель позволяет владельцу складывать вещи, заполнять таблетницу, завязывать шнурки; оснащена автозахватом для предотвращения падения предметов. Управление протезом осуществляется при помощи миоэлектрических датчиков, а также при помощи смартфона, где запрограммированы 14 различных захватов. Вращение кисти реализовано по технологии EQD, описанной выше [3]. В таблице 2 представлены технические характеристики данного протеза [4].

Таблица 2 – Технические характеристики протеза i-limb ultra

Номинальное напряжение питания, В;	4.7
Максимальный ток, А;	5
Емкость батареи, мА/ч; (перезаряжаемый литий-полимерный аккумулятор)	2000, 1300
Максимальная нагрузка руки (статическая нагрузка), кг;	40 кг (extra small) 90 кг (small/medium/large)
Грузоподъемность пальца (статическая нагрузка), кг;	20 кг (extra small) 32 кг (small/medium/large)
Время полного сжатия с положения «открытая ладонь», сек;	0.8

Цена данного протеза может составлять от \$70 000 до \$110 000 в зависимости от функциональности, эстетики и материалов [5].

1.1.3 Otto bock Michelangelo

Немецкая компания Otto bock предоставила на рынок передовой протез Michelangelo, разработанный с применением технологии AxonRotation, что позволяет при помощи миоэлектрических сигналов совершать повороты запястьем. В протезе имеется подвижный лучезапястный шарнир, с помощью которого пациент может сгибать и разгибать кисть в вертикальной плоскости. Данный протез стоит около 2-2.5 миллиона рублей, а срок его службы – 3 года [6]. Причем, перчатку следует менять раз в полгода, что увеличивает расходы. Протез имеет семь различных положений кисти, осуществляется активное управление большим, указательным и средним пальцами, а безымянный и мизинец выполняют пассивные движения. Технические характеристики представлены в таблице 3 [7].

Таблица 3 – Технические характеристики протеза Otto bock Michelangelo

Технические характеристики	
Рабочее напряжение, В;	11.1
Ширина раскрытия, мм;	Около 120
Скорость раскрытия, мм/с;	Около 325
Усилие захвата (встречный захват), Н;	Около 70
Супинация (вращение вовнутрь), град;	160
Пронация (вращение наружу), град;	160
Емкость аккумулятора, мА/ч;	Прим. 1500

1.1.4 MyoFacil

Протез MyoFacil призван обеспечить только один вариант схвата , чем уже повышает качество самообслуживания пользователя. Его конструкция довольно проста, для управления используется всего один электрод. Протез выдерживает до 22 кг нагрузки в неподвижном положении и до 6 кг в движении. Управление осуществляется двумя электродами, наложенными на бицепс и трицепс. В процессе ходьбы протез имитирует естественные движения рук [8].

1.2 Опрос пользователей

В начале данной работы был проведен опрос среди пользователей мио-электрических протезов. Среди них были также участники международного соревнования киборгов «Кибатлетика». Опрос проводился с целью определения важных для потребителя функций и моментов, на которых разработчику стоит заострить внимание. С этой же целью была анализирована статья одного из опрошенных пользователей [9]. После обработки результатов, было выявлено несколько основных пунктов:

1) Пользователи предпочитают пользоваться MyoFacil. Этот протез намного удобнее и полезнее, нежели BeVeonic и Michelangelo. Устройство намного легче, быстрее и меньше по размерам. Работает данный протез дольше, аккумулятор съемный и его можно при необходимости быстро поменять. Также, у этой модели сила хвата больше, чем у аналогов, что позволяет уверенно удерживать предметы в руке.

2) Шевеление 5 пальцами и исполнение 30 жестов не необходимо. Протез должен максимально помогать в быту, быть легким и удобным в носке.

3) Усилие, развиваемое пальцами, важно, но степень управляемости протезом важнее. К примеру, BeVeonic сжимается не плавно, рывками, а скорость сжатия Myoasil изменяется от того, насколько сильно сократилась мышца.

4) Адаптация после ампутации у каждого происходит по-разному и люди учатся привычным вещам заново. Особые трудности, кроме психологических моментов и социализации, вызывают такие операции, как завязывание шнурков, поднятие монетки со стола, извлечение карты из кармана кошелька, чистка овощей.

5) Кроме того, что протез может выполнять свои непосредственные функции, он остается техническим средством, которое можно улучшить различными гаджетами. Большинство опрошенных считали хорошей идеей встраивание бортового компьютера или телефона в гильзу, чтобы можно

было отслеживать параметры протеза (заряд аккумулятора, время работы) и пользоваться тем или иным устройством в иных целях (выход в интернет, телефонные звонки). Огромное неудобство вызывает невозможность работы с сенсорными экранами и это еще одна причина встраивать телефон в протез. Также, некоторые пользователи считали хорошей идеей кастомизировать протез (изменить цвет, нанести рисунок, сделать отверстия в гильзе).

1.3 Получение сигнала от человека

Важнейшим элементом протеза являются датчики, которые снимают сигнал с уцелевшей мышцы, и система управления для обработки сигнала. Наиболее простой и, что самое главное, безопасной является система управления на основе обработки поверхностной ЭМГ усеченных мышц. При таком подходе возможно создать съемный протез, компоненты которого могут быть легко заменены в случае поломки. Главной задачей такого протеза является воспроизведение основных схватов для улучшения качества самообслуживания пациента в быту.

В России мио-электрические датчики производит фирма «Галатея». Также существует несколько зарубежных производителей, большинство из которых находится в Китае и США. В данной работе используется датчик PS25251 от Великобританской фирмы Plessey [10].

Принцип получения и обработки сигнала описан на рисунке 1.

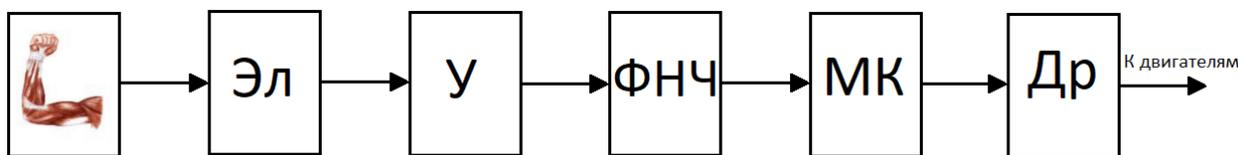


Рис. 1 – Принцип получения и обработки сигнала

Электрод Эл крепится на культю на уцелевшем участке мышцы и считывает её сокращения. Далее, сигнал идет в усилитель сигнала У, находящийся в датчике. Так как сигнал имеет помехи, после усилителя следует направить его в какой-либо фильтр. Одним из решений является пассивный фильтр нижних частот ФНЧ. Он удаляет высокочастотную

составляющую и далее направляет сигнал в микроконтроллер МК, где последний проходит еще и цифровую фильтрацию. По полученным данным, микроконтроллер подает напряжение на двигатели через драйверы Др, в соответствии с программой.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Начнем с того, что перечислим основные детали протеза кисти. Ими являются:

- Корпус кисти, состоящий из корпуса тыльной стороны и крышки-ладони. Этот элемент предоставляется компанией.
- Модуль пальца. Модуль должен состоять из фаланги, корпуса модуля, двигателя (Pololu 1-250 micro motor) и механического преобразователя.
- Система управления. Сюда входит Arduino Pro Micro, драйверы двигателей DRV8833 и DRV8838, датчики PS25251 либо датчики фирмы «Галатея».
- Культеприемная гильза. Её заказывают индивидуально для каждого пациента.

Корпус кисти, фаланги пальцев, корпуса модулей, втулки были напечатаны на промышленном 3D принтере. Материал печати – полиамид.

Проектирование приводов пальцев и расположение электроники производилось в пакете Solid Works. Этот этап работы подразумевал усовершенствование привода пальцев, создание модулей пальцев, минимизацию занимаемого ими пространства и уменьшение размеров кисти как таковой. Выбор программы Solid Works обусловлен тем, что она позволяет сохранять модели элементов кисти в формате, обрабатываемом программным обеспечением фирмы, предоставляющей 3D-печать.

Цель работы: разработка механического преобразователя и модуля пальца; компоновка элементов внутри корпуса кисти.

Требования к изделию: самоторможение механизма, плавность работы, минимизация масса-габаритных показателей, использование предоставленных двигателей (Pololu 250:1) и платы Arduino Pro Micro.

3 РАССЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

3.1 Выбор передачи

Исходя из выявленных характеристик, которые важны для данного устройства, выберем передачу, которая удовлетворяла бы требованиям.

Выбор происходил из следующих вариантов [11].

Таблица 4 – Варианты передач

Тип передачи	Плюсы	Минусы
Зубчатая	<ul style="list-style-type: none">• Высокий КПД• Компактность	<ul style="list-style-type: none">• Сложность изготовления• Шум
Червячная	<ul style="list-style-type: none">• Плавная работа• Самоторможение	<ul style="list-style-type: none">• Заедания• Ускоренный износ• Сложности монтажа
Винтовая	<ul style="list-style-type: none">• Простота конструкции• Самоторможение• Большая точность по шагу• Компактность	<ul style="list-style-type: none">• Износ• Низкий КПД
Тяговая	<ul style="list-style-type: none">• Простота конструкции• Дешевизна• Компактность• Высокая скорость сжатия	<ul style="list-style-type: none">• Крайне высокий износ• Возможны удлинения тяг• Невысокая прочность
Кулачковая	<ul style="list-style-type: none">• Компактность• Простота конструкции• Высокая скорость сжатия	<ul style="list-style-type: none">• Заедания• Невозможность точного позиционирования• Износ

Напомним, что для потребителя важны такие показатели, как сила хвата, степень управляемости, уменьшенные размер и масса устройства, эргономичность. Также, компания выдвинула требование самотормозящей передачи. Проанализировав данные варианты передач, была выбрана винтовая передача. Она удовлетворяет условиям самоторможения передачи, компактна и проста в конструкции и монтаже, при этом малым КПД мы можем пренебречь.

3.2 Расчет винтовой передачи

Расчет винтовой передачи произведен с использованием источников [12-1].

Допускаемые напряжения при растяжении для винтов передачи винт-гайка принимают из условия (коэффициент запаса прочности $s=3\div 5$, а σ_T зависит от класса прочности винта и равняется 400 МПа) [12]:

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{s} = 80 \text{ МПа}$$

Требуемая мощность привода винтовой передачи определяется по формуле:

$$N = \frac{Q * V}{\eta}$$

В этой зависимости Q – осевое усилие на винте, V - скорость продольного перемещения гайки по винту, η – КПД винтового механизма, обычно равный для пары трения 0,34-0,4.

Так как мотор-редуктор предоставлен компанией, его мощность известна и не может быть изменена. Из этой формулы мы можем найти осевое усилие на винте:

$$Q = \frac{N * \eta}{V} = \frac{0.59 * 0.4}{0.05} = 4.72 \text{ Н}$$

С другой стороны, протез должен удерживать груз массой 5 кг. При пересчете на каждую винтовую передачу, по которым распределяется эта масса, на один палец полагается 1,7 кг. Отсюда $Q=17 \text{ Н}$.

Для повышения износостойкости и увеличения КПД передач винт–гайка скольжения, винт и гайку изготавливают из антифрикционных пар материалов и используют, как правило, резьбы с малыми углами профиля.

В данной работе используется винт и гайка из углеродистой стали класса прочности 5.8. Такой класс прочности обеспечивает сталь 40.

Критериями работоспособности передач винт–гайка скольжения являются:

1. Прочность всех элементов винта и гайки.
2. Устойчивость винта при продольном изгибе в случаях его нагружения сжимающими силами.
3. Износостойкость резьбы.

Исходными данными для расчета передачи обычно являются: наибольшая осевая нагрузка Q и ее направление; величина наибольшего осевого перемещения L винта относительно гайки.

Решающим критерием работоспособности является износостойкость резьбы:

$$q = \frac{Q_n}{A_n} \leq [q],$$

где q – износостойкость резьбы, Q_n – нормальное усилие в резьбе, A_n – площадь соприкосновения резьбы винта и гайки.

Пренебрегая углом подъема резьбы, приняв, что нагрузка по виткам распределяется равномерно, получим:

$$q = \frac{Q}{z * \pi * d_2 * H_1} \leq [q],$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, H_1 – рабочая высота профиля, $[q]$ – допускаемое давление в винтовой паре, МПа.

$[q]=7\div 9$ и зависит от материала гайки и винта.

В этой формуле три неизвестные величины, что не позволяет получить однозначное решение. Поэтому зададимся двумя дополнительными соотношениями: относительной глубиной резьбы ψ_h в зависимости от ее

профиля (для упорных – $\psi_h = 0.75$) и относительной высотой гайки ψ_H . Величину ψ_H рекомендуется принимать в пределах 1,2÷2,5 (например, 1,2; 1,6; 2,0; 2,5) и вести параллельный расчет нескольких вариантов с целью выяснения оптимального.

Средний диаметр резьбы:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{Q}{\pi * \psi_H * \psi_h * [q]}}$$

Таким образом,

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{17}{\pi * 0.75 * 1.2 * 7000000}} = 0.9 \text{ мм}$$

Ближайший диаметр 2.5 мм.

Число рабочих витков резьбы гайки

$$z = \frac{d_2 \psi_H}{P} = \frac{2 * 1.2}{0.5} = 4.8$$

Угол подъема резьбы по среднему диаметру:

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi * d^2} = 4^\circ$$

Приведенный угол трения в резьбе высчитывается по следующей формуле, где f следует принять по табличным данным в зависимости от материалов винта и гайки:

$$p' = \arctg(f) = 9^\circ$$

Условие самоторможения резьбы при необходимости проверяется по соотношению:

$$\psi < p'$$

Соотношение выполняется, резьба самотормозящаяся.

Расчет на прочность при растяжении или сжатии ведется по расчетной осевой силе Q_p , которая превышает фактическую силу в 1,3 раза и учитывает напряжение кручения действующие одновременно с растягивающими или сжимающими напряжениями:

$$Q_p = 1.3 * Q = 22.1$$

Наружный диаметр гайки определяется из условия прочности при растяжении с учетом напряжений кручения по формуле:

$$d_r = \sqrt{D^2 + \frac{4 * Q_p}{\pi * [\sigma]_p}} = 4.54 \text{ мм}$$

Коэффициент D определяется по таблице в зависимости от d_2 и равняется 4,5 мм.

Внутренний диаметр резьбы винта определяется из условия прочности при растяжении или сжатии по формуле:

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi * 0.7 * [\sigma]_p}} = 2.1 \text{ мм}$$

Условие износостойкости резьбы в предположении равномерного распределения q на опорных поверхностях всех z витков резьбы гайки имеет вид:

$$q = \frac{4 * Q}{\pi * [(d_3 + 2 * H_1)^2 - d_3^2] * z} \leq [q]$$

Решив это выражение относительно H_1 , получим расчетную формулу для необходимой рабочей глубины резьбы:

$$H_1 = \sqrt{\left(\frac{d_3}{2}\right)^2 + \frac{Q}{\pi * z * [q]} - \frac{d_3}{2}} = 0.23 \text{ мм}$$

3.3 Устройство механического преобразователя

После того, как был произведен расчет передачи, было необходимо спроектировать механический преобразователь. Кинематическая схема преобразователя была составлена в соответствии с ГОСТ 2.770-68 [17] и представлена на рисунке 2.

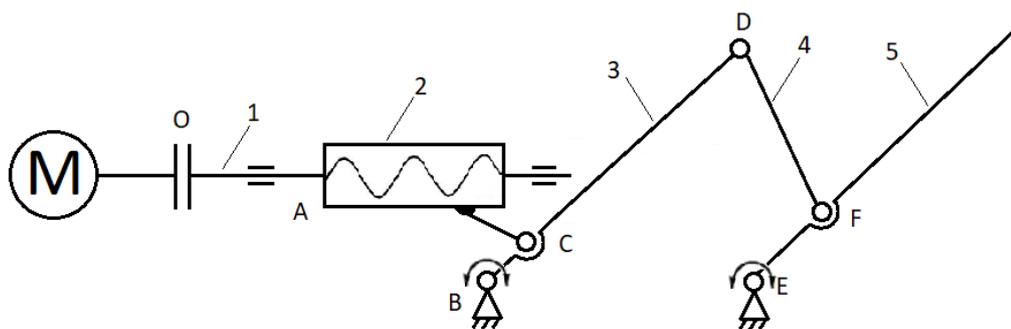


Рис. 2 – Кинематическая схема модуля пальца

Вал двигателя 1 жестко сцеплен втулкой с винтом передачи винт-гайка 2. Гайка перемещается линейно и толкает систему металлических тяг 3-4. Рабочий орган 5, то есть фаланга пальца, закреплена на корпусе ладони при помощи оси (в точке E), вокруг которой фаланга и вращается при помощи движения тяг. Степень подвижности механизма можно определить по формуле Чебышева: $W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5$, где n – число подвижных звеньев механизма, p_5 – число одноподвижных кинематических пар [18]. Таким образом, $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

4.1 Модуль пальца

После того, как был выбран механический преобразователь и выполнена кинематическая схема, был разработан модуль пальца протеза кисти. Результат представлен на рисунке 3 и на чертежах в приложении 1.

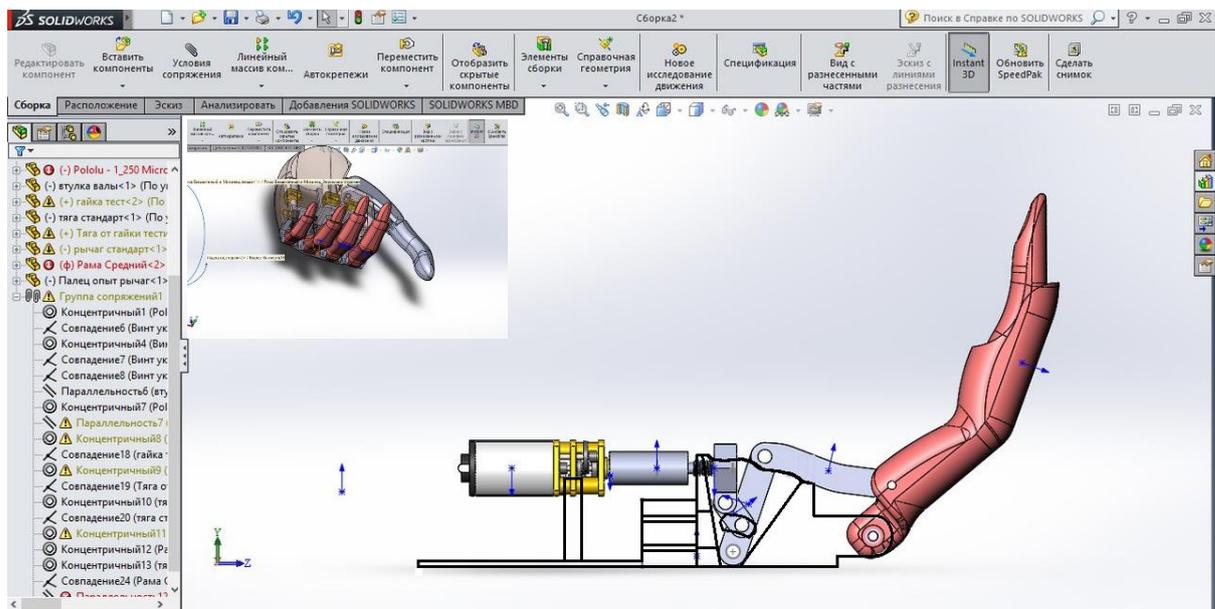


Рис. 3 – Модель модуля указательного пальца кисти в Solid Works
3D модель позволила отследить правильность предполагаемой траектории и по этой модели были оформлены чертежи составляющих модуля.

4.2 Система управления

Система управления протезом состоит из двух миоэлектрических датчиков, платы Arduino Pro Micro, двух драйверов drv8833 и одного драйвера drv8838. Все эти элементы предоставлялись компанией заказчиком и требовалось только собрать воедино систему управления, сделав это наиболее компактно. Схема подключения представлена на рисунке 4.

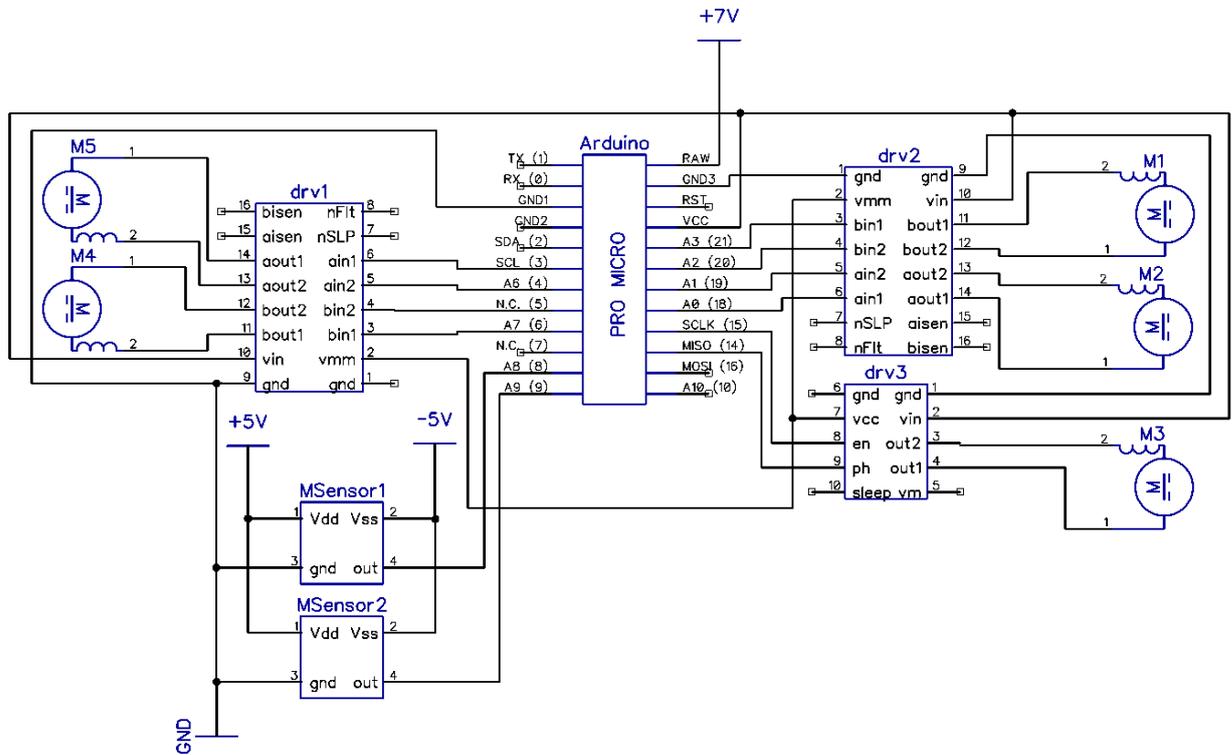


Рис. 4 – Схема подключения системы управления

4.3 Программная часть

В микроконтроллер вшита программа, алгоритм которой представлен на блок-схемах ниже.

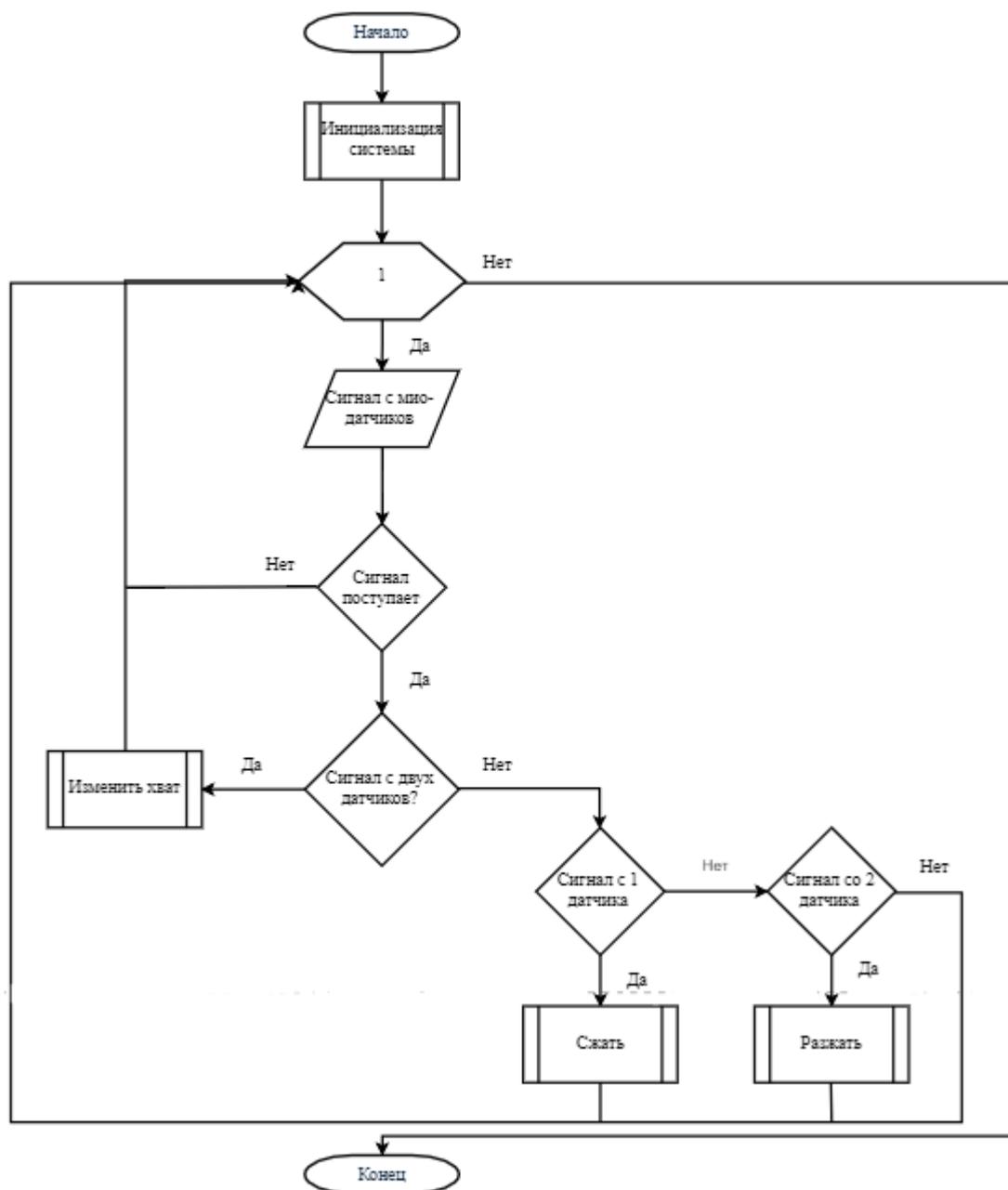


Рис. 5 – Блок-схема основной программы

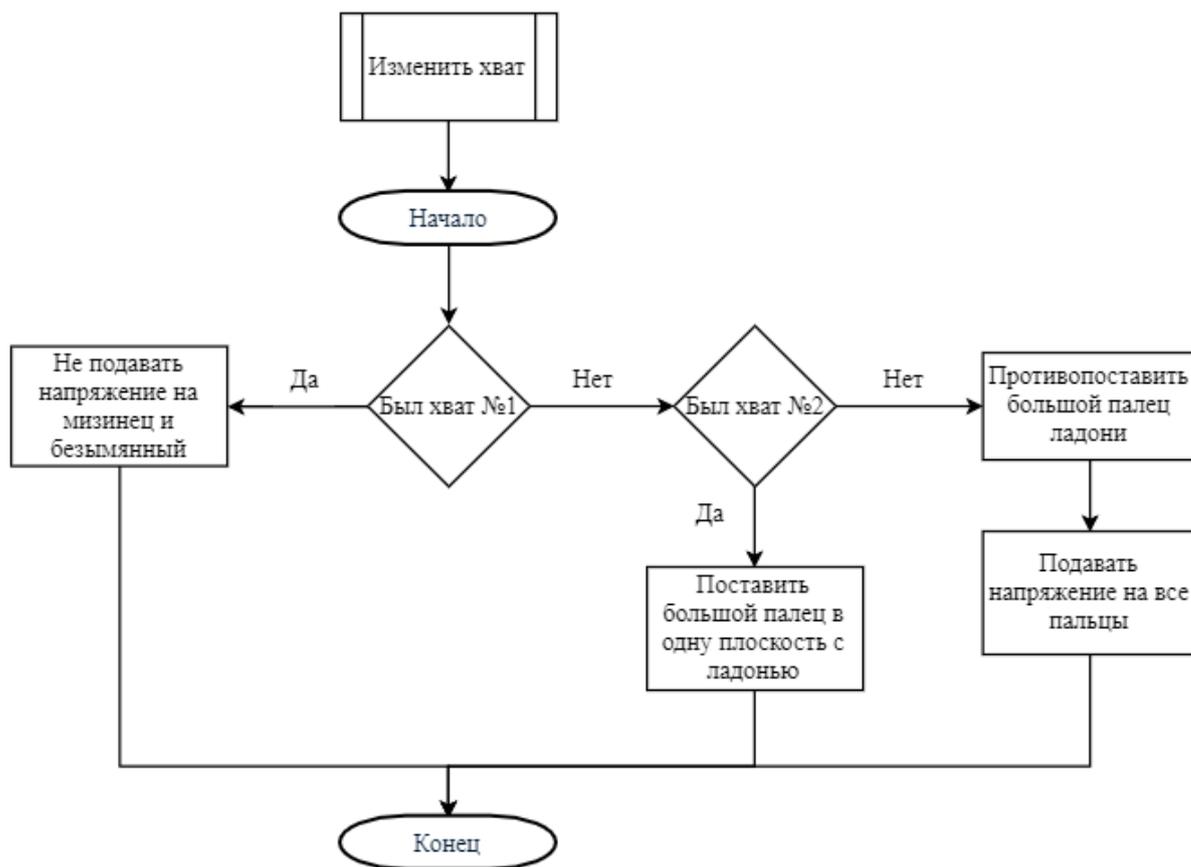


Рис. 6 – Блок-схема функции «Изменить хват»

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Колошин Павел Николаевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06.Мехатронника 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>	Оклад студента – 2410 руб. в месяц; Оклад руководителя проекта – 33664 руб. в месяц.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Тариф на электроэнергию– 5,26 руб./кВт·ч.;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; -Проведение анализа безубыточности проекта
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Расчет интегрального показателя финансовой эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	к.э.н		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Колошин Павел Николаевич		01.03.2018

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

5.1 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.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить целевой рынок и провести его сегментирование. Целевым рынком является рынок медицинской робототехники. В качестве конечных потребителей выступают инвалиды с отсутствием кисти (аплазия, ампутация).

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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.

Бионические протезы позволяют осуществлять различные хвататы, что является большим подспорьем здоровой руке или другому протезу, нежели тяговые или косметические.

Проект основан на разработке прототипа кисти для российского дешевого протеза компании «Моторика». Главной особенностью данной разработки будет являться ее простота реализации и низкая цена. Устройство обладает такими важными для такого рода продукта свойствами как фиксация положения пальцев, плавная регулировка их положения, модульность пальцев для облегчения ремонта и низкая цена. Самые популярные аналоги: bebionic 3, i-limb ultra и Michelangelo. Главный недостаток – цена. Не всякий пациент способен приобрести данную

продукцию, однако, она обладает высокой функциональностью. Также, все эти протезы производятся не на территории СНГ и приобрести их можно либо в немногочисленных филиалах на территории СНГ, либо за рубежом. При этом, оплатить протез можно либо самостоятельно, либо с помощью субсидии от государства. Государство оплачивает и проезд, и само изготовление протеза, поэтому власти стремятся сократить количество таких изделий в регионах до 3-5 в год. Немаловажно, что успех получения субсидии зависит от благосостояния региона, поэтому, например, в Москве бионический протез получить гораздо легче, нежели в провинции.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что нужно создать устройство на территории нашей страны, которое позволит создать общедоступный протез с базовыми функциями. К такому же выводу можно прийти, проанализировав карту сегментации рынка (Таблица 5). Серым в таблице обозначен целевой сегмент рынка.

Таблица 5 – Карта сегментации рынка

		На территории РФ	
		Да	Нет
Цена	Дешевый (до 1 000 000 руб.)	-	-
	Дорогой (свыше 1 000 000 руб.)	BeBionic 3 Michelangelo	i-Limb

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) это инструмент измерения характеристик, который описывает качество новой разработки, а также ее перспективность на рынке. Технология позволяет принимать решение о целесообразности вложения капитала в НИР. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований,

существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. Оценочная карта представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,05	80	100	0,80	0,04
2. Помехоустойчивость	0,04	60	100	0,60	0,024
3. Надежность	0,07	80	100	0,80	0,056
4. Уровень шума	0,06	70	100	0,70	0,042
5. Персонализация	0,15	100	100	1,00	0,15
6. Безопасность	0,15	70	100	0,70	0,105
7. Функциональная мощность	0,11	80	100	0,80	0,088
8. Простота эксплуатации	0,09	90	100	0,90	0,081
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	40	100	0,40	0,024

10. Ремонтпригодность	0,15	80	100	0,80	0,12
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
12. Цена	0,07	100	100	1,00	0,07
Итого	1			8,5	0,800

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum P_i * 100 = 0.8 * 100 = 80, \text{ где:}$$

1) P_{cp} – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

2) P – средневзвешенное значение показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. Из таблицы можно сделать вывод, что разработку можно считать перспективной.

5.1.4 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Составим матрицу SWOT:

Таблица 7 – SWOT- анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Невысокая стоимость</p> <p>С2. Облегченный вес</p> <p>С3. Простота реализации</p> <p>С4. Персонализация</p>	<p>Сл1. Ограниченный функционал</p> <p>Сл2. Недостаток осведомленности населения</p> <p>Сл3. Недостаток датчиков</p> <p>Сл4. Отсутствие обратной связи протеза</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Расширение рынка потребления</p> <p>В3. Повышение качества реабилитации</p>	<p>При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. При невысокой стоимости увеличится спрос на бионические протезы.</p>	<p>Расширение рынка потребления может способствовать финансированию проекта. Проводя исследования на базе ТПУ можно разработать прототип с обратной связью и получить известность на рынке.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства</p>	<p>Невысокая цена способствует повышению спроса.</p> <p>Невысокая скорость изготовления исходит</p>	<p>Необходимо разработать прототип и пройти сертификацию для того, чтобы выйти</p>

У2. Низкая скорость изготовления	из индивидуальной работы с каждым заказчиком.	на рынок и заполучить репутацию.
У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции		

5.1.5 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, которые вытекают из закономерностей объекта исследования. Анализ охватывает все возможные варианты. Путем комбинирования вариантов можно получить большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Составим таблицу, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки.

Таблица 8 – Морфологическая матрица для протеза кисти

Характеристика	Варианты исполнения		
	1	2	3
Модульность пальцев	Отсутствие модулей	Частичная модульность	Модули отдельных пальцев
Передача	Тяговая	Зубчатая	Винтовая
Вычислительная платформа	Без вычислительной платформы	Персональный компьютер	Система на чипе

Одним из главных требований является самофиксация пальца, что может осуществить только винтовая передача, которая имеет еще ряд других

немаловажных преимуществ перед другими передачами. Также, для облегчения ремонта и уменьшения времени на ремонт протеза, было решено изготовить модули пальцев, состоящие из двигателя, редуктора, поддерживающей рамки и модели пальца. Учитывая то, что данное изделие подразумевает ежедневное ношение, управление выполняется системой на чипе.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 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 9.

Таблица 9 – 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	Моделирование лучшего исполнения	С
	8	Устранение недоработок	С

	9	Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	НР, С
	10	Разработка математической модели устройства	С
	11	Разработка алгоритма работы	С
	12	Разработка чертежей	
Экспериментальные исследования	13	Сборка прототипа	С
	14	Тестирование работы алгоритма	С
	15	Обработка полученных результатов	С
Оформление отчета по НИР	16	Составление пояснительной записки	С

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожi} = \frac{3 * t_{минi} + 2 * t_{маxi}}{5}$$

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

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

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$t_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-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:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}$$

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:

$$k_{кал} = \frac{t_{кал}}{t_{кал} - t_{вых} - t_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,5$$

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

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

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

В таблице 6 находятся расчеты этапов отдельных видов работ.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} чел-дни		t_{\max} чел-дни		$t_{\text{ож}}i$ чел-дни		$t_{\text{р}i}$		$t_{\text{к}i}$	
	Студент	Научный	Студент	Научный	Студент	Научный	Студент	Научный	Студент	Научный
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	7	3
Разработка и утверждение ТЗ	7	1	12	2	9	1,4	4,5	0,7	7	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	8	4

Анализ вариантов исполнения	5	0	10	0	7	0	7	0	11	0
Моделирование лучшего исполнения	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	15	0
Устранение недоработок	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	6	0
Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	6	4	14	8	9,2	5,6	4,6	2,8	7	4
Разработка математической модели устройства	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
Разработка чертежей	4	0	6	8	4,8	0	4,8	0	7	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									127	14

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 11 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ этапа	Этап	Исполнитель	T _{кi}	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь				
1	Постановка задачи	НР	1													
		С	5	■												
2	Обзор научнотехнической базы	НР	3													
		С	7	■												
3	Разработка и утверждение ТЗ	НР	2													
		С	7		■											
4	Составление календаря проекта	С	6			■										
5	Разработка вариантов	НР	4				■									
		С	8					■								

	исполнения проекта																		
6	Анализ вариантов исполнения	С	11																
7	Моделирование лучшего исполнения	С	15																
8	Устранение недоработок	С	6																
9	Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	НР	4																
		С	7																
10	Разработка математической модели устройства	С	10																
11	Разработка алгоритма работы	С	6																
12	Разработка чертежей	С	7																
13	Сборка прототипа	С	10																

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена
ПК	Шт.	1	25000
Канцелярский набор	Шт.	1	200
Паяльная станция	Шт.	1	4900
Набор для пайки	Шт.	1	400
Контроллер	Шт.	1	400
Аккумулятор	Шт.	1	650
Набор инструментов	Шт.	1	1000
Сервопривод	Шт.	5	3000
Провода (50 шт.)	Шт.	1	650
Драйвер	Шт.	3	930
Полиамид (печатные элементы)	Компл.	1	5250
ЭМГ-датчики	Шт.	2	2400
Итого, руб.		44780	

5.3.2 Основная заработная плата исполнителям темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение 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. дней $M = 9,6$.

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

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	120	120
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	173

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}$$

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

$k_{\text{пр}}$ – 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).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 14.

Таблица 14 – 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	1	33664	0,3	0,2	1,3	65644,8	3465,51	14	48517,17
Студент		1854	0	0	1,3	2410,2	130,95	127	16630,65
Итого $Z_{осн}$									=65147,82

5.3.3 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 :

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты а дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициента дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	48517,17	0,12	5822,0604
Студент	16630,65	0,12	1995,678

Итого:	7817,74
--------	---------

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп})$$

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

На 2018 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 2018 году пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	48517,17	5822,0604
Студент	16630,65	1995,678
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Руководитель	14725,93	

Студент	5047,73
Итого	19773,66

5.3.5 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:

$$Z_{\text{нак}} = \sum C_{\text{T}} * k_{\text{нр}}$$

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

C_{T} – затраты по статьям накладных расходов

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 10%.

$$Z_{\text{нак}} = (44780 + 65147,82 + 7817,74 + 19773,66) * 0.10 = 13751,922$$

5.3.6. 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.

5.3.7 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 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма (руб.)
1. Материальные затраты НТИ	44780

2. Затраты на заработную плату научному руководителю	54339,23
3. Затраты на заработную плату студенту	18626,33
4. Затраты на отчисления во внебюджетный фонд	19773,66
5. Накладные расходы	13751,922
Бюджет затрат НИИ	151271,142

ТПУ частично финансирует проект, предоставляя лабораторию для работы, ПК, инструменты, заработную плату и иных ресурсов.

5.3.8 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов

В результате исследования были определены затраты на проект по разработке модуля управления для тренажера. Бюджет составляет около 150 тыс. руб. Учитывая все конкурентные преимущества данного устройства, можно предположить, что продукт будет конкурентоспособным и будет иметь спрос на рынке.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Колошин Павел Николаевич

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 протез кисти руки человека.</p> <p>Устройство состоит из датчиков, прикрепленных к уцелевшей части конечности, модулей пальцев, состоящих из мотор-редуктора, подставки и модели пальца (материал полиамид), корпуса кисти (материал полиамид и силикон), система управления (платформа Arduino Nano V.3, драйверы двигателей), деревянной подставки.</p> <p>Рабочим местом является рабочий стол. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК, паяльная станция, дремель, набор отверток.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Шум – Микроклимат – Освещение – Повышенный уровень запыленности помещения – Перенапряжение органов зрения (в процессе построений моделей,
--	--

	<p>разработки программной части, обработки частей)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Умственное перенапряжение <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Термическая опасность (источником является паяльник) – Электробезопасность (источником является ПК, батарея питания устройства) – Механическая опасность (вращающийся вал сервопривода, рабочего инструмента)
2. Экологическая безопасность:	<p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит.</p> <p>Воздействия на литосферу: образование отходов при пайке, при поломке устройства, при сверлении и шлифовке, при утилизации неисправного оборудования (ПК, люминесцентных ламп и т.д.).</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара, поражение электрическим током.</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.</p> <p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018
-----------	---------------------------	--	--	------------

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E41	Колошин Павел Николаевич		01.03.2018

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Во время работы с протезом кисти человека на работника может воздействовать ряд производственных факторов. Необходимо указать меры по обеспечению безопасности трудовой деятельности для предупреждения и сохранения здорового состояния работника.

Протез кисти человека состоит из системы управления, состоящей из платформы Arduino и драйверов двигателя, мотор-редукторов, батареи питания, миоэлектрических датчиков, культеприемной гильзы (в данном случае, деревянной подставки), моделей пальцев и корпуса ладони.

Предполагается, что данное устройство будет использоваться пациентами в повседневной жизни, как подспорье здоровой руке или иному протезу.

6.1 Производственная безопасность

В данном разделе рассматриваются опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть во время проектирования данного устройства. Перечисленные факторы приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Вредные и опасные факторы при разработке и выполнении работ с устройством для поворота кисти протеза

Наименование работ (источник фактора)	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Работа с протезом кисти человека; 2. Техническое обслуживание	1. Умственное перенапряжение; 2. Перенапряженные органы зрения; 3. Шум на рабочем месте;	1. Электробезопасность (электрический ток, питающий устройство, незащищенные	1. СН 2.2.4/2.1.8.562 -96; 2. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055 -96;

протеза кисти человека;	4. Освещение рабочего места;	электрические провода);	3. СанПиН 2.2.4.548-96;
	5. Микроклимат в помещении, где проводятся работы;	2. Термическая опасность (ожоги во время работы паяльника);	4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.127 8-03;
	6. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;	3. Движущиеся механизмы (вращающийся вал сервопривода и инструмента)	5. ГОСТ Р 50571.3-2009;
			6. ГОСТ Р 12.1.019-2009;
			7. ГОСТ Р 51626-2000;
			8. ГОСТ 12.1.004-91;
		9. ГОСТ 12.2.032-78;	
		10. ПОТ Р М-022-2002;	

В данном разделе выпускной квалификационной работы подняты вопросы, касающиеся социальной ответственности при разработке и эксплуатации протеза кисти человека. Существующие в настоящее время роботизированные протезы верхних конечностей разработаны только за рубежом и их стоимость крайне высока. Предлагаемая в данной работе разработка выполнена при поддержке ООО «Моторика» и будет дешевле для пользователей стран СНГ, а также послужит отправной точкой для развития отечественного протезирования робототехническими протезами. Также был разработан механизм передачи движения, улучшающий качество работы изделия по сравнению с предыдущим прототипом.

6.1.1 Микроклимат

Микроклимат помещения определяется тремя основными параметрами:

- температура окружающего воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;

Комфортность труда и высокая производительность работающего зависит от микроклимата в помещении. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата, согласно СанПиН 2.2.4.548–96 приведены в таблице 19:

Таблица 19 – Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1

Оптимальные условия микроклимата обеспечивают комфортную работу трудящегося, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, поддерживают высокий уровень работоспособности. Работа персонала в данном случае относится к категории работ Ia, с интенсивностью энергозатрат до 139 ккал/ч. Работы производятся сидя и сопровождаются незначительным физическим напряжением. Требуемые согласно нормативов значения параметров микроклимата в помещении, где находится рабочее место в течение всего года поддерживаются благодаря установленному кондиционеру и центральному отоплению.

6.1.2 Шум

При выполнении работ устройством работник может подвергаться уровням шума от работающего персонального компьютера. Помимо этого, источниками шума на

рабочем месте могут быть кондиционеры и дремель. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности. Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96. Предельно допустимые уровни шума в дБА представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Уровень шума ПК может достигать 45 дБА, в то время как обрабатываемый инструмент имеет показатель в 70-75 дБА.

Работа персонала в данном случае относится к легкой степени напряженности и максимальный уровень шума составляет 80 дБА. Работа персонала относится к

конструированию и проектированию, рабочее место представляет собой лабораторию для теоретических работ и обработки данных. Для снижения уровня шума в помещении до 50 дБА, используются звукопоглощающие панели и звукоизоляционный шкаф.

6.1.3 Психофизиологические факторы

К вредным психофизиологическим факторам относится умственная перенапряженность и гиподинамия.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям. При вынужденном сидячем положении могут возникнуть сколиозы и кифозы.

При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы как стоя, так и сидя. Особого внимания заслуживает проектирование кресел для лиц, постоянно выполняющих работу сидя за ПК. Конструкция кресла должна быть такой, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры. Это возможно тогда, когда кресло в наибольшей степени соответствует анатомическому строению человека.

Следствием фиксированной рабочей позы является гиподинамия, отрицательно сказывающаяся на состоянии здоровья работающих - нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц. Поэтому рекомендуется в периоды отдыха менять положение, делать производственную гимнастику.

В процессе работы с ПК необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с проявлением жалоб на неудовлетворенность работой,

головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Также, нельзя забывать об умственном перенапряжении. Постоянное напряжение, эмоциональные перегрузки неизбежно приводят к стрессам. Признаки стресса у персонала включают в себя необычную раздражительность, другие признаки психического истощения, чрезмерное употребление алкоголя или курение. Правильная организация режима труда и отдыха, а также досуга работников позволяет снизить влияние данного фактора на здоровье и работоспособность персонала.

Рабочее место разработчика электромеханического изделия, полностью соответствует требованиям для нормального психического и физиологического функционирования человека.

6.1.4 Освещение

Увеличение освещенности способствует улучшению работоспособности даже в тех случаях, когда процесс труда практически не зависит от зрительного восприятия.

При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Наконец, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (например, близорукость, спазм аккомодации и др.).

Большое гигиеническое значение имеет естественное освещение. Образованное в результате взаимодействия прямого и отраженного света диффузное освещение помещений создает благоприятное распределение яркости, что оказывает положительное действие на зрение.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, могут быть сведены к следующим:

- спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному;

- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы;

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении во избежание частой переадаптации и утомления зрения. В то же время, по имеющимся данным, при длительной работе в равномерно освещенном пространстве может нарушаться восприятие формы объектов, реализующееся, в конечном счете, в зрительных галлюцинациях.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК представлены в таблице 21.

Таблица 21. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

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

Работа за паяльной станцией относится к зрительным работам при пайке материалов толщиной 0.5 – 1.5 мм, что определяет разряд зрительной работы: ШБ. Рекомендуемые показатели освещения при пайке представлены в таблице 22.

Таблица 22. Рекомендуемые показатели освещения при пайке

Освещенность, лк		
-------------------------	--	--

Комбинированное освещение	Общее освещение	Показатель ослепленности	Коэффициент пульсации, %, не более
1250	400	40	5-10

Во всех помещениях зданий, в которых ведется разработка протеза кисти человека соблюдены все требования к освещению, приведенные в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, имеются естественный и искусственный источники света, на рабочее место приходится около 450 лк, что соответствует нормативу.

6.1.5 Вредные вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания

Процесс пайки сопровождается выделением паров свинца (при температуре свыше 500 °С) и олова (при температуре свыше 232 °С) из припоя. Вследствие чего воздух в помещении претерпевает некоторые изменения, которые могут вредно отражаться на здоровье человека. Действие вредных веществ определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, количество попавшего в организм вещества, сочетание вредных веществ), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

Таблица 23. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе.

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Свинцово-оловянный припой	0.05	1	Возникновение болезней органов дыхания, системы кровообращения, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки.

Для избегания образования паров олова в помещении во время пайки проводится проветривание помещения, а также используются средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Также, из-за работы с изделиями из порошкового полиамида, в воздухе может присутствовать пыль этого вещества. Мелкая пыль (аэрозоль) полиамида умеренно опасна, по воздействию на организм человека в соответствии с ГОСТ 12.1.005 относится к III классу опасности. При работе рекомендуется использовать также средства индивидуальной защиты, такие как респиратор и защитные очки, во избежание попадания аэрозоля в дыхательные пути и глаза.

6.1.6 Термическая опасность

Работы, связанные с пайкой и лужением, относятся к огненным работам и выполняются в соответствии с требованиями пожарной безопасности.

Один из основных опасных факторов, возникающих при паяльных и лудильных работах – ожоги брызгами расплавленного металла и флюса.

Рабочий снабжается защитными очками, перчатками и фартуком, что является основной мерой безопасности и предотвращения термических и химических ожогов при попадании расплавленного металла или флюса на кожу.

6.1.7 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий, а также средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Во время разработки протеза кисти человека возможно поражение электрическим током, проходящим от сети к ПК или дремелю. Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с электрооборудованием в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), при приближении грозы, наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Таким образом, работа с ПК и данным устройством может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами ПК.

Обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголенных токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо не делая никаких самостоятельных исправлений сообщить ответственному за оборудование;

- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами.

К мероприятиям по предотвращению возможного поражения электрическим током:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;

- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

- применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

- использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы. Повышение электробезопасности в установках достигается применением систем защитного заземления, защитного зануления и защитного отключения.

Несмотря на большое количество техники, по опасности электро-поражения помещение считается в соответствии с классификацией ПУЭ без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования. Также не повреждена изоляция проводов, розетки защищены предохранительными кожухами, корпуса устройств заземлены. Силовой щит, через который осуществляется подача питания, оснащен автоматическим предохранителем. Все требуемые средства и меры защиты имеются на рабочем месте.

6.2 Экологическая безопасность

Сегодня проблема загрязнения окружающей среды приобретает глобальный характер. И атмосфера, и гидросфера загрязнены токсичными веществами, созданными человеком. Человечество должно разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, развивать основы создания замкнутых, безотходных и малоотходных производств. Современная

техника и технологии позволяют сократить выбросы вредных и токсичных веществ в окружающую среду, однако для обеспечения экологии на долгосрочный период времени требуется постоянно совершенствовать технологии добычи, потребления, переработки сырья, использования и утилизации оборудования.

6.2.1 Анализ воздействий объекта на литосферу

В офисной среде необходимо использовать системы электронного документооборота. Это поможет избежать излишнего потребления бумаги, чернил и, соответственно, их утилизации.

Немаловажным является продуманная утилизация неисправного и устаревшего оборудования или деталей установки для исключения вреда окружающей среде. Утилизация электрооборудования производится в специализированных компаниях. Так же необходимо производить периодический осмотр электромеханического оборудования. Помимо заботы об окружающей среде, тем самым, можно добиться более продолжительной и безопасной работы оборудования.

Нельзя недооценивать и влияние материала корпуса и пальцев (полиамида) на литосферу. Чтобы снизить их влияние на экологию, существуют заводы по вторичной переработке отходов изделий из полиамидов.

Особое внимание следует уделить утилизации отработанных ртутных газоразрядных ламп. Они подлежат сдаче в специализированные организации по переработке либо органам местного самоуправления для транспортировки в такого рода организацию.

6.2.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при эксплуатации оборудования является пожар на рабочем месте. При неправильном функционировании дремеля на обмотках двигателя могут возникнуть высокие токи, что приводит к их воспламенению. 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, средств связи и 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-1ПО (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.

В здании места работы над протезом кисти соблюдены требования пожаробезопасности, имеются средства пожаротушения.

6.2.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно Статьям 91 и 108 ТК РФ, регламентированное время продолжительности рабочего времени не должно превышать 40 часов в неделю, в течение рабочего дня работодатель обязан предоставить работнику перерыв для отдыха и питания. Предоставляемое работнику время для отдыха и питания располагается во временном промежутке от 30 минут до 2 часов, в зависимости от работодателя.

Требования к организации рабочих мест предъявляются следующее. Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя и отражены в статье 212 ТК РФ.

6.3 Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек, изготавливающий протез кисти человека. Среди этих факторов есть шум, уровень освещённости, показатели микроклимата, психофизиологические факторы и электрический ток, но их показатели не превышают допустимых значений. Был проведен анализ нормативной документации.

Основываясь на результатах проделанной работы, был предложен ряд мер, для исключения или уменьшения влияния опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду. Таким образом, рабочее место разработчика изделия соответствует нормативным требованиям по безопасности.

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы, был спроектирован модуль пальца и механический преобразователь движения. Это позволило заметно улучшить прототип протеза кисти, понизить его масса-габаритные характеристики и открыть путь к дальнейшему усовершенствованию устройства.

8 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Resetting the MyoBock™ quick disconnect wrist [Электронный ресурс] // Ottobock URL: https://professionals.ottobockus.com/media/pdf/techtips/Upper/techtip_119.pdf (дата обращения: 20.02.2018).
2. BeBionic 3 Technical information [Электронный ресурс] // BeBionic URL: http://bebionic.com/distributor/documents/bebionic3_technical_information_-_Lo_Res.pdf (дата обращения: 10.02.2018).
3. Киберпротез beBionic3 – будущее в вашей «руке» [Электронный ресурс] // LPost URL: <https://lpost.ru/futuro/2012/11/07/kiberprotez-bebionic3-budushhee-v-vashey-ruke/> (дата обращения: 10.02.2018).
4. i-Limb ultra technical information [Электронный ресурс] // Touch bionics URL: <http://assets.ossur.com/library/38895> (дата обращения: 16.02.2018).
5. i-Limb ultra [Электронный ресурс] // Touch bionics URL: <http://www.touchbionics.com/products/active-prostheses/i-limb-ultra> (дата обращения: 16.02.2018).
6. Обзор рынка бионических рук [Электронный ресурс] // Хабр URL: <https://habr.com/post/395115/> (дата обращения: 3.03.2018).
7. Michelangelo for technicians [Электронный ресурс] // Ottobock URL: https://www.ottobock.ru/media/local-media/for-specialists/prosthetics/646d501-michelangelo_for_technicians.pdf (дата обращения: 3.03.2018).
8. Повседневная жизнь с MyoFacil [Электронный ресурс]: Фирменная группа ОТТО БОКК URL: <https://www.ottobock.ru/media/local-media/prosthetics> (дата обращения: 07.03.2018).
9. Интервью с владельцем бионических протезов BeBionic и MyoFacil: их достоинства и недостатки в повседневной жизни [Электронный ресурс]// Habr. - 2016 URL: <https://habr.com/post/395633/> (дата обращения: 13.03.2018).
10. Томашевич Д. А. Система управления миоэлектрическим протезом верхней конечности: выпускная квалификационная работа магистра / Д. А.

Томашевич; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), факультет ИБС, кафедра БТС; науч. рук. Юлдашев З. М. – Санкт-Петербург 2017.

11. Виды передач [Электронный ресурс]// TOOL-LAND.RU URL: <http://tool-land.ru/gears.php> (дата обращения: 17.03.2018).

12. Молодова Ю.И., Жавнер М.В., Шляховецкий Д.В. Расчет передач винт–гайка: Метод. указания для студентов всех специальностей всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 40 с.

13. Проектный расчет винтовой пары [Электронный ресурс]// CoolReferat URL: <http://add.coolreferat.com/docs/index-14430.html> (дата обращения: 20.03.2018).

14. ПЕРЕДАЧА ВИНТ – ГАЙКА: учебное пособие / сост. В. О. Варганов, М.В. Аввакумов, М. В. Колычев, В.М. Гребенникова, В. А. Романов; СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 57 с

15. Детали машин. – Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина – М.: «Высшая Школа», 1987. – 376 с.

16. Детали машин. Передача винт-гайка. [Электронный ресурс]// Персональный сайт преподавателя Гончарова О. Г. КГБПОУ «Каменский агротехнический техникум» URL: http://k-a-t.ru/detali_mashin/20-dm_vint-gaika/ (дата обращения: 04.04.2018).

17. ГОСТ 2.770-68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики. – Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 2005 - 10 с.

18. Механика: учеб. для вузов / В.В.Гурин, В.М.Замятин, А.М.Попов.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 581 с., ил.

19. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – Введ. 31.10.1996 – М.: Минздрав России, 1996. - 11 с.

20. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). – Введ. 08.05.1996 – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 18 с.
21. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Введ. 01.10.1996. – М.: Минздрав России, 1997 - 12 с.
22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – Введ. 15.06.2003. – М.: Минздрав России, 2003 - 15 с.
23. ГОСТ Р 50571.3-2009. Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. - Введ. 01.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2012 – 20 с.
24. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – Введ. 01.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2010 – 27 с.
25. ГОСТ Р 51626-2000. Волокна химические (синтетические). Требования безопасности. – Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2000 - 25 с.
26. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 30.06.1992. – М.: Стандартинформ, 2006 - 68 с.
27. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.1979. – 2000 12 с.
28. ПОТ Р М-022-2002. Межотраслевые правила по охране труда при проведении работ по пайке и лужению изделий. – Введ. 01.10.2002. – СПб.: ЦОТПБСП, - М.: Изд-во стандартов, 2002 - 55 с.