

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 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка мехатронного модуля для реабилитационного тренажера

УДК 681.51.616-78.531.1-024.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Стерехова Валерия Сергеевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Шеломенцев Егор Евгеньевич			
Руководитель ООП	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

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 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Стереховой Валерии Сергеевне

Тема работы:

Разработка мехатронного модуля для реабилитационного тренажера	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3048/с от 27.04.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2018
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</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 исследования является мехатронный модуль управления тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей. Готовый модуль должен производить сокращение искусственных мышц в 4 различных режимах работы.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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>	<ul style="list-style-type: none"> -Анализ существующих девайсов; -Разработка требований к продукту; -Разработка системы управления; -Разработка структурной схемы; -Разработка принципиальной схемы; -Расчет необходимых параметров для функционирования и изготовления; -Подбор компонентов; -Разработка алгоритма работы устройства.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная электрическая схема; Блок-схема алгоритма; Структурная схема; Операторно-структурная схема.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Владимирович, доцент ОСГН ШБИП, 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	01.03.2018г
---	-------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Шеломенцев Егор Евгеньевич			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Стерехова Валерия Сергеевна		01.03.2018

**Планируемые результаты обучения по направлению
15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р1	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>
Р2	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>
Р3	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.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Р4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем	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 EUR-ACE и FEANI
Р5	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.	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 EUR-ACE и FEANI
Р6	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>		
Р7	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, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	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), 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 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 Весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2018г
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.05.2018	Основная часть	60
20.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
25.05.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Шеломенцев Егор Евгеньевич			

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Пояснительная записка состоит из 95 страниц, включает в себя 12 рисунков, 32 таблицы. При работе были использованы 22 источников литературы, из которых 5 ссылка на web-страницы Internet. Также в состав ВКР входит приложение из 7 страниц.

Ключевые слова: реабилитация, тренажер, искусственная мышца, нейлоновая нить, нихромовая проволока, нагревательный элемент.

Объектом исследования является мехатронный модуль для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

Целью работы является разработка мехатронного модуля.

В процессе исследования выполнен расчет параметров искусственной мышцы и нагревательного элемента, необходимых для сгибания и разгибания одного пальца, разработана кинематическая модель взаимодействия пальца с искусственной мышцей, проведен сравнительный анализ электрического и механического двигателя, построены графики работы мышцы, разработана операторно-структурная схема модели и алгоритм работы, а также произведен подбор компонентов для реализации готового прототипа.

Данный модуль внедряется в конструкцию целого тренажера, который применяется для реабилитации моторной функции верхних конечностей. Такой тренажер можно использовать в реабилитационных центрах и на дому. Данный тренажер позволит усилить реабилитационный эффект.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2013, редактора таблиц Microsoft Excel 2013, редактора блок-схем Microsoft Visio 2013, математического программного обеспечения Mathcad и Matlab, системы проектирования принципиальных схем DipTrace.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

СанПин 2.2.2/2.4.1340 – 03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы.

ГОСТ 7.05 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

ГОСТ 19.701 – 90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

IS CSR 26000 : 2011 Социальная ответственность организации. Требования.

Сокращения

ШИМ или PWM (англ. Pulse-Width Modulation) – широтно-импульсная модуляция.

мм – миллиметры

КПД – коэффициент полезного действия

А – Ампер

В – Вольт

Вт – Ватт

ГОСТ – Государственный стандарт

Н – Ньютон

Определения

В пояснительной записке использовались следующие термины с соответствующими определениями:

Искусственная мышца – мышца, изготовленная из нейлоновой лески путем скручивания ее в спираль. Сокращается под действием температуры.

Нагревательный элемент – устройство различного вида, обеспечивающее выработку тепловой энергии, используемой при решении инженерных задач. Элементы нагрева имеют различную конфигурацию, потребляемую мощность, различаются по видам и типам, применяются в установках, расходующих для работы тепло.

Реабилитация (Медицинская) — комплекс медицинских, педагогических, психологических и иных видов мероприятий, направленных на максимально возможное восстановление или компенсацию нарушенных или полностью утраченных, в результате болезни или травмы, нормальных психических и физиологических функций (потребностей) человеческого организма, его трудоспособности.

Проприоцептивная стимуляция – комплекс методов направленных на развитие сенсорной системы, которая отражает положение части тела в пространстве.

Оглавление

Введение	16
1.Предпроектная часть	17
1.1 Анализ задания.....	17
1.2 Обзор литературы	17
1.3 Обзор аналогов.....	20
1.3.1 Тренажер Amadeo.....	21
1.3.2 Тренажер Gloreha	22
1.3.3 Тренажер Artromot-F.....	23
1.4 Анализ аналогов.....	24
1.5 Техническое задание	24
2 Основная часть.....	26
2.1 Обоснования выбора двигателя	26
2.2 Изготовление и принцип работы мышцы.....	27
2.3 Структурная схема модуля	28
2.4 Система управления	29
2.5 Подбор компонентов	30
2.5.1 Материал мышцы	30
2.5.2 Материал нагревательного элемента	30
2.5.4 Нить	31
2.5.5 Тензометрический датчик	32
2.5.6 Датчик температуры	33
2.5.7 Драйвер питания.....	33
2.5.8 Система охлаждения	34
2.5.9 Аккумулятор	35
2.5.10 Кнопки управления	35
2.5.11 Контроллер управления.....	36
2.6 Расчет параметров нагревательного элемента.....	37
2.7 Расчет напряжения питания для двух режимов работы.....	40
2.8 Принципиальная схема устройства.....	41
2.9 Алгоритм работы модуля	42
3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	48
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	48

3.1.3	Технология QuaD	51
3.1.4	SWOT – анализ	53
3.1.5	Морфологический анализ.....	54
3.2	Планирование научно-исследовательских работ	54
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	54
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	56
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	59
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования.....	60
3.2.5	Расчет материальных затрат.....	61
3.2.6	Основная заработная плата исполнителям темы	63
3.2.7	Дополнительная заработная плата	64
3.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	65
3.2.9	Накладные расходы.....	65
3.2.10	Контрагентные расходы	66
3.2.11	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	66
3.2.12	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов	67
4.	Социальная ответственность	70
4.1	Аннотация.....	70
4.2	Введение	70
4.3	Производственная безопасность	70
4.4	Анализ опасных и вредных факторов, возникающие при проведении исследования....	71
4.5	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии.	72
4.5.1	Физические ОВПФ	72
4.5.2	Химические ОВПФ	73
4.5.3	Психофизиологические ОВПФ	73
4.6	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	74
4.6.1	Микроклимат	74
4.6.2	Шум и вибрации.....	76
4.6.3	Электробезопасность	77
4.6.4	Освещенность.....	78
4.7	Экологическая безопасность	79
4.8	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	80
4.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81

4.10 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.	82
4.11 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии	82
4.12 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	82
4.13 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
4.13.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	84
4.13.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	85
Заключение.....	87
Список литературы и использованных источников.....	88
Приложение А – Эскизы тренажера	90
Приложение Б – Дополнительные расчеты	91
Приложение В – Блок схема алгоритма работы модуля.....	92
Приложение Г – Принципиальная схема	93
Приложение Д – Операторно-структурная схема, верхний уровень	94
Приложение Е Операторно-структурная схема, нижний уровень	95

Введение

Способность человека перемещаться необходима для выполнения основных видов повседневной жизни. Нарушения движения значительно снижают качество жизни пациента. Расстройство произвольных движений той или иной части тела может быть последствием целого ряда заболеваний, начиная с механических травм, заканчивая инсультом. Нарушение функциональности нервной системы, а именно ее двигательной функции серьезная проблема на данный момент. Дисфункция двигательного аппарата верхних конечностей распространена как общий клинический случай. Симптомами являются мышечные сокращения, нарушения координации, появление спазмов и потеря контроля над мышцами. По статистике, 5 процентов всех переломов приходятся на пальцы [1]. А болезнь нервной системы поражает в среднем 28 тыс. человек в России ежегодно [2]. Согласно исследованиям, 20% пациентов [3], проходящих реабилитацию, ощущают полноценное восстановление функциональности руки. А 60-70% замечают улучшения двигательной активности [4]. Применяются различные принципы реабилитации, направленные на конкретные задачи, включающие в себя как вмешательство на клеточном уровне, так и механическое воздействие извне. На данный момент доказано, что значительное влияние на восстановление оказывает именно стимуляция нейропластических процессов ЦНС. Характерным вмешательством такой стимуляции является вынужденная активизация двигательного аппарата нефункционального органа.

Большинство исследований, проводившихся на пациентах с дисфункцией верхних конечностей, были направлены на разработку крупной моторики, то есть подвижность плечевого, локтевого лучелоктевого и лучезапястного суставов. Таким образом, актуальным является направление исследований, касающееся тренировки моторной функции кисти

1.Предпроектная часть

1.1 Анализ задания

Целью работы является разработка модуля управления, который встроен в тренажер для реабилитации моторной функции кисти, а именно мелкой моторики рук, после инсульта, перелома, с использованием искусственных мышц в качестве движителей.

Задача исследования состоит в определении механизма работы искусственной мышцы и ее интеграция в тренажер для реабилитации.

Полученные в ходе работы результаты могут быть использованы для реализации смежного проекта – роботизированный тренажер для реабилитации, который может использоваться в реабилитационных центрах и в домашних условиях с предварительной консультацией врача для интенсивной тренировки мышц кисти.

1.2 Обзор литературы

В статье «A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation» приведена таблица, в которой собраны все известные системы для реабилитации плечевого, локтевого, запястного и кистевого суставов.

Существуют различные подходы к восстановлению функциональности конечности, например, ортезы, функциональная электрическая стимуляция и физическая терапия. Положительные результаты физической реабилитации, в случае неврологических расстройств, сильно зависят от начала, продолжительности, интенсивности и целей обучения, а также состояние здоровья, внимание и усилие [1].

Фактически, роботизированные устройства уже используются в клинической практике, а также клинической оценке (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Количество разработок

Роботизированные устройства для реабилитации верхних конечностей	Количество Разработок
Системы, обеспечивающие движение пальца(ев)	28
Системы, способствующие движению запястья и пальцев	4
Системы, обеспечивающие движение плеч, локтей и пальцев	2
Системы, способствующие движению предплечья, запястья и пальцев	4
Системы, обеспечивающие плечо, локоть, предплечье, движение запястья и пальца (целая рука):	8

Из них:

Таблица 1.2 – Количество разработок на различных этапах

Этап разработки	Количество разработок
Дизайнерские решения	2
Прототипы	5
Системы не для реабилитации	2
Системы, на стадии проведения проверки целесообразности	9
Системы, на стадии проверки безопасности	17
Системы, на стадии проверки эффективности	2
Коммерческие проекты	8

Это устройства, обеспечивающие физиотерапию. Они могут быть разработаны для специализированных терапевтических институтов или домашнего использования. Подавляющее большинство этих устройств можно использовать только в терапевтических институтах, поскольку они требуют помощь квалифицированного персонала. Их цена часто слишком высока, чтобы приобретать такой тренажер для личного использования, а функциональность в основном крайне низкая. Конкретно для пальцев от 1 до 3 степеней подвижности

для 90% тренажеров, 4-5 для оставшихся девайсов, и только один для 10 степеней подвижности.

Устройства для реабилитации верхних конечностей может оказывать различные виды помощи при движении: активный, пассивный, тактильный.

Активное устройство – устройство, способное масштабировать усилие пациента как в положительную, так и в отрицательную сторону. Применяется к пациентам. Которые способны контролировать перемещение конечностей, для улучшения этого навыка.

Пассивное устройство – устройство, для механической разработки суставов без усилий пациента. Подходит для пациентов, которые плохо контролируют движение конечности или не контролируют вовсе.

Тактильное устройство – устройство, которое взаимодействует с пользователем через осязание. В большинстве случаев он предоставляет некоторое количество резистивной силы, также некоторые другие ощущения (например, вибрация).

Гаптические устройства обычно используются в реабилитационных установках с виртуальной средой и реализуют только отклик на воздействие [22].

Тренажеры имеют разные движители. Выбор движителей зависит от поставленной задачи (Таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Применение электроприводов

Тип привода	Применение в реабилитации
Электроприводы	Приводы питаются от электрического тока. Они являются наиболее распространенными, потому что легко обеспечивают относительно высокую мощность. Существует широкий выбор коммерчески доступных электроприводов. Однако некоторые из них являются тяжелыми и/или их сопротивление слишком велико для реабилитации.
Гидравлические приводы	Приводы с гидравлическим давлением (обычно масло). Они способны генерировать высокие силы. Их система относительно сложна, учитывая поддержание давления масла и предотвращения утечки. Коммерческие гидравлические приводы также тяжелые, поэтому, только специально разработанные гидравлические приводы используются в реабилитации.
Пневматические приводы	Приводы питаются от сжатого воздуха. Они имеют более низкий импеданс и весят меньше, чем электрические приводы. Однако имеют специальные компрессоры или контейнеры со сжатым воздухом.
Эластичный привод	Общее имя, используемое для механизма с эластичным элементом, который сокращается под каким-либо воздействием. Это уменьшает инерцию и внутренний импеданс исполнительного механизма, позволяющий производить стабильный контроль силы и повысить безопасность пациентов.
Функциональная электрическая стимуляция	Это метод, который использует электрический ток для активации нервов. Мышцы сжимаются под его воздействием. Такая стимуляция производит движение с использованием естественных приводов тела. Однако достичь точных движений невозможно, а также стимуляция может быть болезненной для пациента

1.3 Обзор аналогов

Для комплексной аппаратной реабилитации руки в настоящее время применяется широкий спектр устройств. Данные аппараты можно условно

разделить на две основные категории: роботизированные и механотерапевтические. Роботизированными являются устройства, снабженные двигателями для обеспечения необходимого движения или помощи, обладающие антропоморфностью (схожестью с живым организмом или его частью), а также интерактивностью, т. е. способностью изменять стереотип своей работы в зависимости от условий окружающей среды, основываясь на показателях встроенных датчиков. Механотерапевтическими являются тренажеры, механической природы: эспандер, эластичная лента и т.д.

В рамках проекта разрабатывается роботизированный тренажер. Такие тренажеры уже есть в продаже. Самые популярные производят зарубежные компании (Amadeo, Gloreha, Artromot).

1.3.1 Тренажер Amadeo

Тренажер имеет показания к применению при неврологических и ортопедических нарушениях. AMADEO имитирует естественный хват и выполняет автоматические последовательности движения. В зависимости от степени неврологического повреждения терапевт может разработать программу терапии, подходящую для отдельного пациента:

- Непрерывное пассивное движение: пассивная рука стимулируется тренажером;
- Вспомогательная терапия: ручное упражнение;
- Интерактивная терапия: активное обучение со специально разработанными играми виртуальной терапии.

Тренажер имеет крепление для запястья, кнопку экстренного выключения, механизм движения, рабочий стол, блок управления, моноблок для интерактивной терапии, реализует несколько режимов работы.

К недостаткам такого тренажера можно отнести:

- Высокую стоимость – больше 1 миллиона рублей;
- Большие габариты – 60 килограмм;
- Стационарность.

На таком устройстве можно заниматься только в реабилитационном центре, по предварительной записи. Однако, такой тренажер может позволить себе не каждый реабилитационный центр (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Тренажер Amadeo

1.3.2 Тренажер Gloreha

Системы Gloreha позволяют настраивать задачи для всех различных этапов лечения и реализует проприоцептивную стимуляцию и взаимодействие с реальными объектами объединяются.

Gloreha Sinfonia – это устройство для реабилитации верхних конечностей.

Такой тренажер реализует пассивную и активную тренировку. Имеет 3 перчатки разного размера, блок управления, моноблок для интерактивной реабилитации (Рисунок 1.2).

Gloreha Sinfonia помогает пациентам выполнять схватывание и взаимодействие с реальными объектами.

К недостаткам такого тренажера можно отнести:

- Высокую стоимость – больше 1 миллиона рублей;
- Большие габариты – 70 килограмм;
- Низкий уровень мобильности.



Рисунок 1.2 – Тренажер Gloreha

1.3.3 Тренажер Artromot-F

Для восстановления кистевых суставов были разработаны специальный тренажер ARTROMOT F. Аппарат представляет собой двигательный прибор, который может использоваться для продолжительной пассивной мобилизации суставов.

Разрабатываются суставы 4 пальцев. Работает он от 4 батареек типа АА или от сети. Тренажер по габаритам является мобильным (Рисунок 1.3).

К недостаткам такого тренажера можно отнести:

- Низкая функциональность – одна степень подвижности для 4 пальцев;
- Высокая стоимость – 400 тысяч рублей;
- Тяжелый – трехкилограммовый тренажер крепится на дисфункциональную или ограниченной функциональности руку.



Рисунок 1.3 – Тренажер ARTROMOT F

1.4 Анализ аналогов

Проанализировав достоинства и недостатки конкурентов, сформировали концепцию нового тренажера, который бы соответствовал основным требованиям:

- Мобильность;
- Небольшой вес;
- Энергоэффективность;
- Экстренное выключение;
- 5 степеней подвижности;
- Невысокая стоимость.

Для обеспечения мобильности планируется закрепить тренажер непосредственно на кисть. Вес снижен за счет изготовления корпусов из пластика и использовании искусственных нейлоновых мышц вместо громоздких электрических приводов, что так же позволит снизить энергопотребление и стоимость конечного продукта. Эскизы прототипа можно увидеть в Приложении А.

Концепция предполагает, что тренажер состоит из трех модулей:

- Модуль управления;
- Модуль питания;
- Модуль перчатка.

В рамках данной выпускной квалификационной работы будет спроектирован модуль управления.

Движителями модуля управления выбраны искусственные нейлоновые мышцы. Это сравнительно новая технология. Мышцы уже применялись в качестве движителей в протезе и оказались достаточно функциональны [17].

1.5 Техническое задание

1.1 Назначение модуля управления

Модуль встроен в тренажер для реабилитации моторной функции верхних конечностей. Он необходим пациентам с неврологическими и ортопедическими нарушениями вследствие сложных переломов кисти/пальцев, пареза, инсульта, врожденных заболеваний.

1.2 Возможности модуля

Модуль должен предоставлять следующие возможности:

Четыре кнопки для четырех режимов работы:

- Сгибание всех пальцев в течении 5 секунд;
- Сгибание всех пальцев в течении 15 секунд;
- Сгибание пальцев поочередно в течении 5 секунд;
- Сгибание пальцев поочередно в течении 15 секунд.

При нажатии кнопки экстренного выключения должна сработать система охлаждения на максимальной мощности, тренажер придет в состояние «разжать».

При нажатии переключателя питания, будет происходить включение и выключения питания устройства.

Работа в автономном режиме не менее 1 часа.

Зарядка устройства от сети 220 В.

1.3 Технические характеристики

1.3.1 Размер

Размер модуля не должен превышать 200*100*70 мм в трех плоскостях.

1.3.2 Дизайн

Предусмотреть на корпусе модуля названия для всех кнопок управления, обтекаемую форму модуля. Расположить кнопки управления максимально удобно для конечного пользователя.

1.3.3 Электропитание

Питание осуществляется постоянным напряжением от аккумулятора. Напряжение электропитания не более 12 В.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 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.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе ВКР были проведены исследования для получения оценки потребности рынка в тренажере для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить **целевой рынок** и произвести его сегментирование.

Целевым рынком являются реабилитационные клиники. Конечными потребителями являются пациенты с показаниями к применению реабилитационного тренажера.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для реабилитации моторной функции верхних конечностей используются тренажеры активной и пассивной реабилитации. Для активной реабилитации используются механические тренажеры, эспандер. Такие тренажеры подходят для пациентов, у которых здоровая нервная система и нет переломов пальцев. Эспандер развивает мышцы кисти и предплечья, а также укрепляет суставы. Для пациентов с проблемами нервной системы или переломами пальцев необходима пассивная реабилитация. К таковой относится лечебный массаж или аппаратная реабилитация.

Для комплексной аппаратной реабилитации руки в настоящее время применяется широкий спектр устройств. Данные аппараты можно условно разделить на две основные категории: роботизированные и механотерапевтические. Роботизированными являются устройства, снабженные двигателями для обеспечения необходимого движения или помощи, обладающие антропоморфностью (схожестью с живым организмом или его частью), а также интерактивностью, т. е. способностью изменять стереотип своей работы в зависимости от условий окружающей среды, основываясь на показателях встроенных датчиков. Механотерапевтическими являются тренажеры, обладающие двигателями для обеспечения запрограммированного движения, также они могут быть снабжены датчиками и использовать принцип биологической обратной связи.

Проект основан на разработке механотерапевтического тренажера. Такие тренажеры уже есть в продаже, в отличие от роботизированных, которые изготавливаются в рамках научного исследования. Самые популярные производят зарубежные компании (Amadeo, Gloreha) и российская компания (Artromot). К числу недостатков можно отметить высокую стоимость и большую габаритность зарубежных аналогов. Однако эти тренажеры имеют высокую функциональность. В свою очередь российский аналог имеет низкую функциональность при достаточно завышенной стоимости.

Все перечисленные механизированные аналоги можно использовать только в клиниках, по предварительной записи. Из этого можно сделать вывод, что необходимо спроектировать такое устройство, которое будет доступно пациентам как в клинике, так и на дому. К такому же выводу можно прийти, проанализировав карту сегментации рынка (Таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Сегмент рынка

		Тип реабилитации	
		Пассивная	Активная
Масштаб	Домашнее использование	–	Эспандер
	Реабилитационные клиники	Amadeo, Gloreha, Artromot	Эспандер

Серым в таблице обозначен целевой сегмент рынка.

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 3.2).

Таблица 3.2 – Оценка эффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэффективность	0.05	5	4	3	0,25	0,20	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0.09	5	5	3	0,45	0,45	0,27
3. Помехоустойчивость	0.04	4	4	5	0,16	0,16	0,20
4. Ремонпригодность	0.08	4	5	3	0,32	0,40	0,24
5. Надежность	0.07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
6. Мобильность	0.16	5	5	1	0,80	0,80	0,16
7. Безопасность	0.16	4	4	5	0,64	0,64	0,80
8. Персонализация	0.06	5	1	4	0,30	0,06	0,24
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.09	4	3	5	0,36	0,27	0,45
10. Качество интеллектуального интерфейса	0.08	3	2	5	0,24	0,16	0,40
Экономические критерии оценки эффективности							
11. Цена	0.12	5	3	1	0,60	0,30	0,12
Итого	1	48	40	37	4,40	3,72	3,38

Где B_{ϕ} – разрабатываемый тренажер, B_{k1} – тренажер компании Artromot, B_{k2} – тренажер компании Amadeo.

Конкурентоспособность рассчитываем по формуле :

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентами: низкая цена, мобильность, энергоэффективность, модульность. Конкуренты выигрывают функциональностью, надежностью, безопасностью. Но цена на конкурентный продукт очень высока. Для понижения стоимости разрабатываемого продукта применены другие технологии для достижения сходной цели.

3.1.3 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 3.2.

Таблица 3.2 – Оценка эффективности

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. Мобильность	0,16	100	100	1,00	0,16
5. Персонализация	0,06	100	100	1,00	0,06
6. Безопасность	0,16	70	100	0,70	0,16
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,09	80	100	0,80	0,072
8. Простота эксплуатации	0,09	100	100	1,00	0,09
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	60	100	0,60	0,048
10. Ремонтопригодность	0,08	60	100	0,60	0,048
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
11. Перспективность рынка	0,05	100	100	1,00	0,05
12. Цена	0,07	100	100	1,00	0,07
Итого	1			9,9	0,878

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 0.878 * 100 = 87,8$$

где

$P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

P – средневзвешенное значение показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{\text{ср}}$ 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.

3.1.4 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 3.3

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Невысокая стоимость. С2.Мобильность. С3. Функциональность С4.Персонализированность	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие финансирования Сл3. Невысокая надежность Сл4. Отсутствие репутации на рынке
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Повышение качества реабилитации В3.Появление дополнительного спроса на новый продукт	При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. При невысокой стоимости и хорошей функциональности тренажера увеличится спрос, и повысится качество реабилитации	Появление дополнительного спроса на рынке может способствовать финансированию проекта. Проводя исследования на базе ТПУ можно разработать прототип и получить известность на рынке
Угрозы: У1.Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Низкая скорость изготовления У3.Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4.Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Невысокая цена и хорошая функциональность способствуют повышению спроса. Невысокая скорость изготовления исходит из персонализированности девайса.	Необходимо разработать прототип и пройти сертификацию для того, чтобы выйти на рынок и заполучить репутацию.

3.1.5 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 3.4 – Варианты исполнения

Характеристика	Варианты исполнения		
	1	2	3
Актуатор	Электродвигатель	Пневмодвигатель	Искусственные мышцы
Куда крепится девайс	На руку	Стоит на полу	Лежит рядом
Питание во время работы	От сети	От аккумулятора	От сети или аккумулятора

На данный момент на рынке нет тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей, который бы был мобильный, функциональный и доступный по цене. Искусственные мышцы позволят снизить стоимость конечного продукта и смогут обеспечить достаточную функциональность. Крепление на руку и питание от аккумуляторов сделает тренажер мобильным.

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 3 исполнителя – научный руководитель (НР), студент (С), оператор 3D печати (О). Этапы работы проекта представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

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	Эскизирование	С
	7	Разработка кинематики тренажера	С
	8	Проектирование искусственной мышцы	С
	9	Проектирование нагревательного элемента	С
	10	Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	НР, С
	11	Разработка алгоритма работы	С
	12	Разработка математической модели тренажера	С
	13	Разработка чертежей корпуса	С
Экспериментальные исследования	14	Изготовление мышц и нагревательных элементов	С
	15	Печать корпуса	О
	16	Сборка прототипа	С
Оформление отчета по НИР	17	Составление пояснительной записки	С

3.2.2 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;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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 3.6 находятся расчеты этапов отдельных видов работ

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календ. днях	
	t_{\min} чел-дни		t_{\max} чел-дни		$t_{ож}$ чел-дни		t_{pi}		t_{ki}	
	С	Н.р.	С	Н.р.	С	Н.р.	Одновременное выполнение работ		Одновременное выполнение работ	
	С	Н.р.	С	Н.р.	С	Н.р.	С	Н.р.	С	Н.р.
Постановка задачи	5	3	8	6	6,2	4,2	3,1	2,1	5	1
Обзор литературы	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	9	4	16	7	11,8	5,2	5,9	2,6	8	4
Эскизирование	3	0	8	0	5	0	5	0	8	0
Разработка механики тренажера	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	15	0
Проектирование искусственной мышцы	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	13	0
Проектирование нагревательного элемента	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	7	0
Разработка структурной схемы	6	4	14	8	9,2	5,6	4,6	2,8	7	5
Разработка алгоритма работы	5	0	10	0	7	0	7	0	11	0
Разработка модели тренажера	10	5	14	8	11,6	6,2	5,8	3,1	9	5
Разработка чертежей	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	10	0
Изготовление мышц и нагр. элементов	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	13	0
Печать корпуса	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сборка прототипа	3	3	8	8	5	5	2,5	2,5	4	4
Составление поясн. записки	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	7	0
Итого									137	24

Печать корпуса производится сторонней фирмой. Печать длится от 2 до 7 дней. Ожидаемо – 4 рабочих дня или 6 календарных. Процесс печати происходит одновременно с этапом сборки прототипа и не учитывается в расчете общего работы.

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 7 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 3.7 – 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 научно-технической базы	НР	3	●					
		С	7	■					
3	Разработка и утверждение ТЗ	НР	2	●					
		С	7	■					
4	Составление календаря проекта	С	6		■				
5	Разработка вариантов исполнения проекта	НР	4		●				
		С	8		■				
6	Эскизирование	С	8		■				
7	Разработка кинематики тренажера	С	15		■				
8	Проектирование искусственной мышцы	С	13			■			
9	Проектирование нагревательного элемента	С	7				■		
10	Разработка функциональной схемы устройства	НР	5				●		
		С	7				■		
11	Разработка алгоритма работы	С	11				■		
12	Разработка математической модели тренажера	НР	5				●		
		С	9				■		
13	Разработка чертежей корпуса	С	10					■	
14	Изготовление мышц и нагревательных элементов	С	13					■	
15	Печать корпуса	О							
16	Сборка прототипа	НР	4					●	
		С	4					■	
17	Составление пояснительной записки	С	7					■	

3.2.4 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;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

3.2.5 Расчет материальных затрат

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

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

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ПК, нейлоновая леска, нихромовая нить, паяльная станция, мультиметр, контроллер, драйвер питания, датчики температуры и натяжения, аккумуляторы и другие компоненты.

Таблица 3.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена
ПК	Шт.	1	23519
Канцелярский набор	Шт.	1	200
Паяльная станция	Шт.	1	4900
Набор для пайки	Шт.	1	400
Контроллер	Шт.	1	2100
Стабилизатор напряжения	Шт.	1	56
Нейлоновая леска	Шт.	3	90
Аккумулятор	Шт.	1	2000
Набор инструментов	Шт.	1	1000
Электродвигатель	Шт.	1	1500
Блок питания	Шт.	1	3300
Кнопка управления	Шт.	7	15
Пружина	Шт.	10	25
Датчик температуры	Шт.	5	20
Датчик натяжения нити	Шт.	5	120
Кевларовая нить	Шт.	1	200
Провод	м	2	6
Нихромовая проволока	м	4	30
Изолента	Шт.	1	30
Изоляция	м ²	1	250
Кулер	Шт.	5	120
Итого			41512

3.2.6 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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}$$

где Z_m – 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_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 3.9 – 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:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p$$

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

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

$k_{д}$ – 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 $Z_{тс}$);

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 11

Таблица 3.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р.}$ раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	1	9489	0,3	0,2	1,3	18503,55	976,83	24	23443,92
Студент		1854	0	0	1,3	2410,2	130,95	137	17940,15
Итого $Z_{осн}$									=41384,07

3.2.7 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 12.

Таблица 3.11 Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициента дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	23443,92	0,12	2813,27
Студент	17940,15	0,12	2152,82
Итого:			4966,09

3.2.8 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 13

Таблица 3.12 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	23443,92	2813,27
Студент	17940,15	2152,82
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Руководитель	7115,70	
Студент	5445,20	
Итого	12560,90	

3.2.9 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:

$$З_{нак} = \sum C_T * k_{нр}$$

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

Ст – затраты по статьям накладных расходов

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 5%.

$$Z_{\text{нак}} = (12560,9 + 26443,92 + 20092,97 + 41512) * 0.16 = 5030,50$$

3.2.10 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками)

В данном проекте есть необходимость в стороннем подрядчике. Который выполнить печать корпуса на 3D принтере. Затраты на данную услугу составят 5600 руб.

3.2.11 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 14.

Таблица 3.13 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма (руб.)
1.Материальные затраты НТИ	41512,00
2.Затраты на заработную плату научному руководителю	26443,92
3.Затраты на заработную плату студенту	20092,97
4.Затраты на отчисления во внебюджетный фонд	12560,90
5.Накладные расходы	10630,50
Бюджет затрат НТИ	111231,29

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

3.2.12 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов

В результате исследования были определены затраты на проект по разработке модуля управления для тренажера. Бюджет составляет 111231.26 рублей. Модуль управления не единственный модуль тренажера. Для получения конечного прототипа необходима смоделировать модуль перчатку. Этот этап менее затратный, поэтому конечный бюджет на разработку тренажера не превышает 150 тысяч рублей. Приняв во внимание все преимущества тренажера для реабилитации, можно предположить, что товар будет иметь спрос на рынке и станет достойным аналогом своим конкурентам.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Стереховой Валерии Сергеевне

Институт	ИШИТР	Кафедра	Отделение автоматизации и робототехники
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 устройство для реабилитации моторной функции верхних конечностей, а именно модуль управления устройством. Модуль состоит из датчиков температуры и натяжения, микроконтроллера, драйвера питания, аккумулятора, искусственных мышц, нагревательных элементов и обеспечивает сгибание и разгибание пальцев пациента путем сокращения искусственных мышц под тепловым воздействием.</p> <p>Рабочим местом является место за рабочим столом для пайки, отведенное студенту для выполнения работы. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p>	<p>Вредные факторы: Повышенная напряженность зрения, повышенный уровень шума/вибрации при работе вентиляционной системы, недостаточная освещенность, вредные вещества, микроклимат, монотонность труда</p> <p>Опасные факторы: Опасность поражения эл.током Статическое эл-во Короткое замыкание Термическая опасность Движущиеся механизмы</p>
---	---

<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие объекта на атмосферу происходит из-за использования нагревательных элементов, которые выделяют тепло в атмосферу. Воздействия на гидросферу не происходит. Воздействия на литосферу происходит из-за отходов при пайке, перегорания ламп освещения, отходов при выходе из строя компонентов устройства Эффективное и экономичное использование электроэнергии.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Вероятно-возможные ЧС: -пожар. Халатное или не осторожное обращение с огнем. Короткое замыкание, перегрузка системы. Мероприятия по предотвращению ЧС.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p>	<p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E41	Стерехова Валерия Сергеевна		01.03.2018

4. Социальная ответственность

4.1 Аннотация

В последние годы все большее значение приобретают требования мирового сообщества и практически всех государств к социальной стороне деятельности организаций. Это в равной мере относится к организациям всех типов, размеров и форм собственности вне зависимости от их географического размещения, сферы деятельности, культурных и национальных традиций [15].

В соответствии с международным стандартом ICCSR26000:2011 – деятельность организации в области социальной ответственности должна быть направлена на достижение следующих целей:

- соблюдение трудовых и социальных прав персонала;
- исключение несчастных случаев в производстве;
- защита жизни, здоровья и имущества потребителей продукции или услуг организации;
- снижение вредных воздействий на окружающую среду;
- экономное расходование невозможных ресурсов;
- оказание помощи малоимущим группам населения.

4.2 Введение

Объектом выпускной квалификационной работы является разработка модуля управления тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей. А именно, был разработан проект устройства, которое позволит обеспечить сгибание и разгибание пальцев пациента по одному из выбранных режимов работы. По результатам разработки – модуль будет применен как один из модулей реабилитационного тренажера.

4.3 Производственная безопасность

Данный раздел выпускной квалификационной работы посвящен изучению и анализу условий труда, работы, а также факторов, сопутствующих работе

инженера-разработчика. Для обеспечения высокой производительности труда при работе разработчика на персональной электронно-вычислительной машине производственной лаборатории, для инженера должны быть обеспечены комфортные и безопасные условия труда, при которых должны учитываться организация рабочего места, условия рабочей зоны (микроклимат, освещенность, шум и вибрация, пожарная безопасность, электробезопасность и др.), а также характер взаимодействия с ПЭВМ [15].

4.4 Анализ опасных и вредных факторов, возникающие при проведении исследования

Основная работа при проведении исследования проводилась за компьютером. Данный вид работы связан с воздействием на человека вредных и опасных факторов труда.

На основании ГОСТ 12.0.003-74 представлена классификация опасных и вредных производственных факторов, имевшие место при проведении исследования [16].

Таблица 4.1 – Классификация опасных и вредных факторов.

Наимен-е видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работы на ПЭВМ;	1.Повышенная напряженность зрения 2.Повышенный уровень шума 3.Повышенный уровень вибрации при работе 4. Недостаточная освещенность 5.Вредные вещества 6.Микроклимат 7.Монотонность труда.	1.Поражения эл.током 2.Статическое эл-во 3.Короткое замыкание 4.Термическая опасность 5.Движущиеся механизмы	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», в котором описываются требования к помещению с ПЭВМ, микроклимату, освещенности рабочего места, организации рабочего места с ПЭВМ. Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96. Параметры оптимального уровня шума устанавливаются СН 2.2.42.1.8.562-96. Параметры допустимого уровня электромагнитных полей устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03; Требования к освещенности устанавливаются СанПиН 2.2.12.1.1.1278-03; У

4.5 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии.

К опасным факторам относят негативное воздействие на работающего человека, которое может привести к травме или ухудшению здоровья. К вредным производственным факторам относят негативное воздействие, на человека, которое приводит к ухудшению здоровья или заболеванию [16].



Рисунок 4.1 – Виды опасных и вредных факторов на производстве

4.5.1 Физические ОВПФ

Одним из факторов производственной опасности этой группы является напряжение сети 220/380 вольт, необходимое для питания зарядного устройства, паяльника и измерительной аппаратуры.

Следующим фактором производственной опасности этой группы является повышенная температура. При нагреве паяльника температура жала может достигать 150-300°C. Неосторожное обращение с паяльником может привести к ожогу третьей степени, а также к возникновению пожара.

К опасным и вредным факторам данной группы относятся также производственная пыль, шум возникающий при работе вентиляционной системы оборудования, недостаточная освещенность рабочего места, ионизирующее излучение, источником излучения является электронно-лучевые трубки мониторов персональных компьютеров, которые в последнее время практически заменены на ЖК-мониторы [16].

4.5.2 Химические ОВПФ

При монтаже и ремонте проектируемой системы для пайки будет использоваться канифоль и припой ПОС-60. В процессе пайки выделяются пары канифоли, которые являются вредными для здоровья и могут вызывать профессиональные заболевания. При температуре жала паяльника от 370 градусов по Цельсию и выше из припоя выделяется свинец в виде аэрозолей, что оказывает сильное общетоксическое воздействие на организм человека. При изготовлении печатной платы возможно поражение участков тела химическими травителями.

4.5.3 Психофизиологические ОВПФ

Работа инженера-разработчика является умственным трудом, иногда монотонным, при котором приходится почти все время сидеть в одной и той же позе, печатая и обрабатывая большие объемы информации. Всё это может привести к умственному перенапряжению, зрительному утомлению, головной боли и боли в мышцах и суставах, снижению концентрации и работоспособности. Постоянные недомогания могут перерасти в профессиональные заболевания, которые могут касаться анализаторов, в том числе и зрительных, мышц спины и шеи, позвоночника, мышц, суставов и сухожилий кисти и других. Такие последствия возникают при неправильной организации рабочего места или даже всей рабочей зоны, а также длительной, интенсивной работой за ПЭВМ и дисплеем [13]. Длительная концентрация на изображении дисплея, приводит к неподвижности глаз, редкому морганию, которые в свою очередь приводят к зрительному переутомлению: сухости и жжению в глазах, боли при движении глаз, размытости видимого изображения. Постоянное печатание приводит к болям кисти, сгибание шеи – к остеохондрозу, неправильная осанка или неудобно посадочное место к сколиозу. Для того чтобы избежать перегрузок осуществляется ряд мер по защите от психофизиологических факторов. Соблюдение мер по защите от опасных и

вредных физических и химических факторов, обеспечивает не только безопасные, но и комфортные и благоприятные условия труда. В зависимости от уровня нагрузки устанавливается продолжительности рабочего дня, а также длительность перерывов. При 8-часовом рабочем дне при работе, которая проводится сидя и не требует физического напряжения, рекомендуется каждые 45-60 минут работы делать перерывы на 10-15 минут, проводя при этом небольшую разминку для тела и упражнения для глаз. При регулярной и продолжительной работе с ПЭВМ возможно развитие синдрома компьютерного стресса, несмотря на оптимальные параметры компьютера, соблюдения норм и регламентов.

Таблица 4.2 – Симптомы компьютерного стресса

Симптомы	Полная смена до 12 месяцев	Полная смена более 2 лет
Головная боль	35%	76%
Утомление, головокружение	32%	69%
Нарушение ночного сна	8%	50%
Сонливость в течении дня	22%	76%
Повышенная раздражительность	11%	51%
Депрессия	16%	50%
Снижение интеллектуальной способности, ухудшение памяти	3%	40%
Боль в мышцах	14%	32%
Боль области сердца, отдышка	5%	32%

4.6 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

4.6.1 Микроклимат

Производственный микроклимат отражает состояние внутренней воздушной среды помещения рабочей зоны (температуры, влажности и скорости движения воздуха) и температуры поверхностей, находящихся в помещении. В производственном помещении должны поддерживаться оптимальные параметры микроклимата, поддерживающие нормальное тепловое состояние организма и не вызывающие отклонений здоровья [12]. В соответствии с СанПиН

2.2.2.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» были выделены следующие требования к воздушной среде на производстве: [13]

1. Для помещений, где основная работа выполняется на ПЭВМ с категорией работ 1а (работы, которые проводятся сидя и не требуют физического напряжения), необходимо исполнение оптимальных норм микроклимата приведенные в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Оптимальные параметры воздушной среды для помещений с ПЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, гр. С не более	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха
Холодный	Легкая – 1а	22-24	40-60	0,1
Теплый	Легкая – 1а	22-25	40-60	0,1

2. Для поддержания нормальной влажности воздуха на рабочих местах с ПЭВМ необходимо применять увлажнители воздуха, ежедневно заправляемые прокипяченной питьевой или дистиллированной водой.

3. Перед началом помещения с ПЭВМ должны быть проветрены для улучшения состава воздуха, в том числе и аэроионный режим [12].

4. В воздухе помещений с ПЭВМ уровень положительных и отрицательных аэроионов должен соответствовать уровню, приведенному в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Степень ионизации воздуха помещений при работе с ПЭВМ

Уровни	Число ионов в 1 см куб. воздуха	
	n+	n-
Минимально необходимые	400	600
Оптимальные	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимые	50000	50000

Для поддержания нормальной температуры воздуха в помещении находится кондиционер, который поддерживает температуру воздуха 22 градуса. Во время перерывов на отдых, производится проветривание помещения.

Помещение соответствует нормам температуры, но не соответствует нормам влажности.

4.6.2 Шум и вибрации.

Шум и вибрация – это механические колебания, распространяющиеся в твердой и газообразной среде. Отличаются между собой шум и вибрация частотой колебаний [15]. Шум негативно влияет на здоровье работающих людей. Вследствие длительного воздействия шума возможен ряд функциональных изменений со стороны различных внутренних органов и систем:

- ухудшается слух и зрение
- развивается тугоухость
- снижается работоспособность
- ухудшается координация и внимание
- возникают расстройства нервной системы

все это в свою очередь может привести к несчастному случаю на предприятии.

Основными источниками шума в производственном помещении является офисное оборудование (ПЭВМ, периферийные устройства, средства вентиляции и др.), источником шума, приходящего извне помещения могут быть соседнее помещение, улица, коридор.

В соответствие с СН 2.2.42.1.8.562-96 » и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» были выделены следующие требования к шуму на рабочем месте при работе с ПК:

1. Уровень шума на рабочем месте с ПЭВМ при выполнении основной работы не должен превышать 50 дБА.
2. При выполнении лабораторных, аналитических или измерительных работ уровень шума не должен превышать 60 дБА.
3. В помещениях с шумными агрегатами вычислительных машин (принтеры, АЦПУ и т.п.) норма шума не более 75 дБА таблица 4.5

Таблица 4.5 – Степень звукового давления и уровни звука в октавных полосах частот

Уровни звукового давления									Уровень звука, дБА
Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	59	48	40	34	30	27	25	23	35
	63	52	45	39	35	32	30	28	40
	67	57	49	44	40	37	35	33	45
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Для снижения уровня шума применяют следующие методы:

- уменьшение уровня звука в источнике
- звукопоглощение (например, облицовка помещения)
- звукоизоляция (например, обшивка внутреннего помещения)
- рациональное расположение и применение оборудования
- применение средств индивидуальной защиты (например, «беруши»).

Работа проводится в лаборатории, уровень шума которой не превышает установленной нормы для выполнения основной аналитической работы в 65 дБА. Рабочее пространство соответствует требованиям к уровню шума.

4.6.3 Электробезопасность

Несмотря на большое количество техники, по опасности электропоражения помещение считается в соответствии с классификацией ПУЭ без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющимися соединениями 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. Для снижения возникающих разрядов применяется антистатический материал для покрытия. Поэтому при правильном использовании оборудования и соблюдении техники безопасности опасность поражения током маловероятна, исключая аварийные случаи, при случайном соединении заземленных конструкций и частей оборудования, находящихся под напряжением.

Таблица 4.6 – Граничные значения напряжений, при превышении которых требуется выполнение защиты от косвенного прикосновения в зависимости от категории помещения

Категория помещения	ПУЭ (6-издание) п. 1.7.33	Проект новой редакции ПУЭ
Без повышенной опасности	≥ 380 В перем. тока	> 50 В перем. тока
	≥ 440 В пост. тока	> 120 В пост. тока

Неотъемлемой мерой по защите от поражения током является регулярное проведение организационно – технических мероприятий, к которым относится первичный инструктаж по технике безопасности, а также последующие инструктажи. Инструктаж по технике безопасности является обязательным условием для допуска к работе в данном помещении.

4.6.4 Освещенность.

В соответствии с и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» были выделены следующие требования к освещенности в помещениях и на рабочих местах с ПЭВМ [13]:

1. В помещениях с ПЭВМ искусственное освещение должно равномерным. В производственных с работой преимущественно с документами, допускается комбинированная система освещения (дополнительно используются

светильники местного освещения для освещения зоны местоположения документов).

2. Для поддержания оптимальных условий труда необходимо ограничивать сильную прямую и отраженную блёскость от осветительных приборов, при этом яркость светящихся поверхностей должна быть не выше 200кд/ кв. м..

3. Искусственное освещение рекомендуется создавать с помощью люминесцентных ламп типа ЛБ мощностью до 250 Вт. Для местного освещения разрешено использование ламп накаливания в светильниках.

4. Для поддержания оптимальных условий труда в помещениях с ПЭВМ необходимо проводить регулярную замену перегоревших ламп, а также мытьё стекол и очистка оконных проемов и осветительных приборов не менее двух раз в год [13].

На рабочем месте в помещении используется совмещенное освещение. При наличии оконного проема, на потолке над рабочими местами расположены люминесцентные светильники с зеркальными решетками и установленными в них по 4 люминесцентные лампы типа ЛБ-40. Всё это позволяет работать не только в дневное время, при достаточном для работы естественном освещении, а также в сумеречное и темное время суток, используя равномерное искусственное освещение. Помещение удовлетворяет нормам освещения

4.7 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. Мероприятия по защите окружающей среды:

- В офисной среде необходимо использовать системы электронного документооборота. Это поможет избежать излишнего потребления бумаги, чернил и, соответственно, их утилизации.
- Вышедшие из строя детали компьютеров и других технических приборов следует отправлять на утилизацию.
- При проектировании технологически установок следует выбирать наиболее безопасные и экологичные материалы.
- Необходимо выключать приборы и установки после работы с ними, чтобы уменьшить потребление электроэнергии, а также исключить влияние вредных и опасных факторов, связанных с прибором (установкой). [15].

4.8 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Одними из самых серьезных проблем являются:

1) потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как: изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект); загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами; загрязнение водного бассейна Земли; опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов; изменение ландшафта Земли.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением. В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при

длительном простое. Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии [15].

2) потребление и сток воды. Проектирование водоснабжения и канализации предприятий осуществляется с учетом СНиП. Нормы воды на хозяйственно-питьевые нужды составляют 25 литров в смену на человека. Сети хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо отделять от сетей, подающих не питьевую воду, согласно [СанПиН 2.1.2.1002-00]

Также следует предусматривать отдельные системы канализации: бытовую; производственных незагрязненных сточных вод, объединяемых, как правило, с дождевой; производственных сточных вод, загрязненных вредными веществами.

Запрещается спуск хозяйственно-фекальных и производственных сточных в поглощающие колодцы во избежание загрязнения водоносных слоев почвы. Спуск незагрязненных производственных сточных вод допускается в ливневую канализацию, предназначенную для стока атмосферных осадков. Отвод сточных вод от душей и умывальников производится в сеть хозяйственно-фекальной или производственной канализации.

4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [15]. Чрезвычайные ситуации могут носить различный характер: технологический, природный, социальный, военный и т.д. Многие из чрезвычайных ситуаций являются форс-мажорными обстоятельствами, исключение которых невозможно. Однако необходимо выполнение всех мер по предотвращению ЧС.

4.10 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Объект исследования ориентирован на ограничение доступа посторонних лиц на территорию объекта. Такими объектами могут быть любые преграждающие устройства: входные двери, ворота, шлагбаумы, установленные на многих предприятиях или частной собственности людей (квартир, домов, дач). Поэтому само устройство практически исключает возможность инициировании ЧС. Однако не стоит исключать возможность наличия ошибок или недоработок в проектировании систем контроля доступом, что в свою очередь может инициировать возникновение ЧС, связанных с пожароопасностью горючих строительных материалов.

4.11 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии

При работе в производственной лаборатории самой вероятной ЧС является возможность пожара и поражение человека электрическим током. Пожар – неконтролируемое возгорание и горение, наносящее вред жизни и здоровью людей, также материальный ущерб. Причинами возникновения пожаров чаще всего являются: короткие замыкания, несоблюдение правил эксплуатации производственного оборудования и электрических устройств, разряды статического электричества. С целью уменьшения вреда жизни и здоровью населения и материального ущерба, наносимого пожаром необходимо реализация комплекса профилактических мероприятий, направленных на предупреждение и (или) устранение пожара.

4.12 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В случае неисправности устройства или аварии необходимо её устранить и сообщить администрации. Предупреждение пожаров является основной задачей руководителей и инженерно-технических работников предприятий. В

работе по предупреждению пожаров большая роль принадлежит личному составу пожарной охраны, который проводит целый комплекс мероприятий по противопожарной защите объектов, осуществляет постовую и дозорную службу, выявляет имеющиеся недостатки и принимает меры к их своевременному устранению в соответствии с ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности". В соответствии с СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение, в котором выполнялась ВКР, относится к наименее опасной категории (Д) с пониженной пожароопасностью. Само здание по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории (Д). Наружных установок здание не имеет [15].

К пожарно-профилактическим мероприятиям относятся:

- выбор качественного электрооборудования и правильных способов его монтажа с учетом пожароопасности территории, а также регулярный контроль исправности защитных устройств и аппаратов на электрооборудовании, постоянный контроль за надлежащей эксплуатацией электроустановок и электросетей;
- систематический надзор за выполнением правил технической эксплуатации электрических устройств;
- регулярная проверка знаний противопожарной безопасности.
- пожарно-техническая проверка для выявления состояния объектов представителями пожарного надзора с последующим выполнением предписаний и приказов;
- систематическое выполнение противопожарных работ;
- проверка наличия и исправности первичных средств пожаротушения;
- проведение учебных тревог и эвакуаций персонала организации;
- прохождение **противопожарного инструктажа**.

В качестве обязанностей каждый сотрудник организации должен:

- не допускать действий, которые могут привести к пожару и четко знать и выполнять порядок действий, установленных для пожарной безопасности,
- уметь использовать средства пожаротушения, имеющиеся на предприятии;
- в случае обнаружения его признаков возгорания или возникновения пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану;
- принять меры по ликвидации пожара с помощью первичных средств пожаротушения и организации эвакуации сотрудников. Для тушения возгораний веществ, горение которых невозможно без кислорода, возгораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В, а также жидких и газообразных веществ предназначены **углекислотные огнетушители**.

Для тушения возгорания различных типов веществ, а также электроустановок, находящихся под высоким напряжением до 1000 В предназначены **порошковые огнетушители**.

В организации, где проводилось выполнение ВКР используются первичные средства пожаротушения огнетушители углекислотные (ОУ-2) и порошковые (ОП-5). А также установлена система автоматической пожарной сигнализации и звуковое оповещение людей о пожаре.

4.13 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.13.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Условия труда, созданные при выполнении ВКР, не являются опасными или вредными для здоровья, и не несут угрозу экологической безопасности. График работы не нарушался. В лаборатории регулярно проводились организационно – технические мероприятия, например, первичный инструктаж по технике безопасности и целевой инструктаж по проведению работ.

4.13.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

На основании СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», а также согласно ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса [11]. Для данной выпускной квалификационной работы были выявлены основные требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ.

Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рисунке 4.2

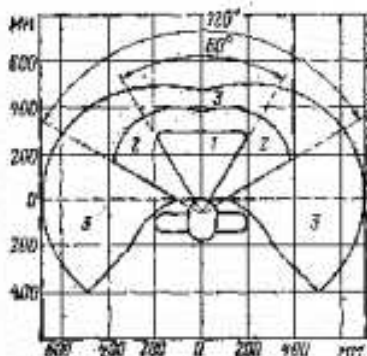


Рисунок 4.2 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления

Зона 1 – оптимальной досягаемости – данная зона определяется дугами, для движений предплечьями и локтевых суставов.

Зона 2 – легкой досягаемости – данная зона определяется дугами, описываемыми руками при движении в расслабленном состоянии.

Зона 3 – зона досягаемости – данная зона определяется дугами при движении максимально вытянутых рук [11].

В зоне 1 располагают очень часто используемые (2 раза в минуту и более) и наиболее важные ОУ.

В зоне 2 – часто используемые (менее 2 раз в мин).

В зоне 3 – редко используемые (менее 2 раз в час).

Выполнение рабочих движений в пределах оптимальной зоны значительно снижает мышечное напряжение [11].

Для рациональной компоновки рабочего места и размещения на рабочей поверхности оборудования, для устранения теней, для обеспечения простоты, а также для поддержания эстетики вида помещения его потолок и стены должны быть без выступающих строительных конструкций.

При выборе цветосветовой гаммы для интерьера должно учитываться эмоционально-физиологическое воздействие цвета и света в организации пространства.

Для борьбы с монотонностью работы оператора в помещении пункта управления желательно предусмотреть динамическое (изменяющееся во времени) освещение. Для этого светильники общего и местного освещения должны иметь плавную (ручную или автоматическую) регулировку силы света, обеспечивающую возможность снижения освещенности рабочих поверхностей до 30 люкс (СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*).

В заключение нужно отметить, что грамотное обустройство рабочего пространства, соблюдение норм и требований к рабочему месту способствует продуктивному рабочему процессу с минимально возможным ущербом для здоровья работника.

Рабочее место соответствует необходимым требованиям по уровню шума, температуры, освещения, электробезопасности. Помещение оснащено пожарными датчиками, огнетушителем, планом эвакуации, инструкцией по технической безопасности. Рабочее помещение не соответствует требованиям по уровню влажности, в связи с чем можно порекомендовать использование увлажнителей воздуха.

Заключение

В ходе выполнения работы был спроектирован модуль управления тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей. Тренажер разработан с применением искусственных мышц в качестве движителей с использованием датчиков температуры и тензометрических датчиков.

Были разработаны: алгоритм работы устройства, система его управления, структурная схема. Были подобраны компоненты для реализации готового модуля. Расчетная сумма проекта составляет 111231.26 рублей.

Дальнейшее развитие проекта предполагает:

- Разработку модуля управления и модуля питания;
- Моделирование корпусов модулей;
- Объединение модулей в единую систему;
- Расширение возможностей тренажера для реализации активной реабилитации.

Список литературы и использованных источников

- [1] Mishenin L., Fracture of the finger. Causes, symptoms, types, first aid and rehabilitation, <https://www.polismed.com/articles-perelom-palca-ruki-prichiny-simptomyy-vidy-reabilitacija.html>, дата обращения 12.03.18г.
- [2] Andreeva T.M. , Traumatism in the Russian Federation on the basis of statistics data, <http://vestnik.mednet.ru/content/view/234/30/lang,ru/>
- [3] Beebe J.A., Lang C.L. Active Range of Motion predicts Upper Extremity Function Three months post-stroke // Stroke. 2009. May. P. 1772–1779.
- [4]. Pohl PS, McDowd JM, Fillion D, Richards LG, Stiers W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. Clin Rehabil. 2006;20:246–253.
- [5] Метотехника [Электронный ресурс], Никонов Н.В. «Нагреватели: Методика и примеры расчета», <http://www.metotech.ru/>, дата обращения 11.04.18г.
- [6] Bioinspir. Biomim, 12 «Compact and low-cost humanoid hand powered by
- [7] Малышенко А.М. Математические основы теории систем. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. – 334 с.
- [8] Об уровнях тарифов на электрическую энергию потребляемую населением: постановление Правительства Российской Федерации от 01 мая 2016 г. № 418 // Экономика и финансы электроэнергетики. - 2000. - № 7, с.67-70
- nylon artificial muscles» 09.2017, дата обращения 13.04.18
- [9] Конотопский В.Ю. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций для всех специальностей ИК/ сост. В.Ю. Конотопский Томск. Издательство Томского Политехнического Университета 2015г. – 29 с.
- [10] Романенко С.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с
- [11] ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Введ. 01.01.79. – 9с.

- [12] ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 01.01.89. – 49с.
- [13] СанПин 2.2.2/2.4.1340 – 03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
- [14] Долин П.А. Справочник по технике безопасности / под ред. П.А. Долин – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 734с.
- [15] Романенко С.В. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
- [16] ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. – введ.2010.07.20: Изд-во стандартов ИПК Москва, 1999. – 4с
- [17] Lianjun Wu, «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles», Bioinspiration & Biomimetics/2017 Bioinspir. Biomim. 12 026004
- [18] Энциклопедия [Электронный ресурс]; «Кевлар», <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кевлар>, дата обращения 15.05.18г.
- [19] Магазин электроники [Электронный ресурс]; «Datasheet 3133-Micro Load Cell CZL635», <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-3133.pdf>, дата обращения 20.05.18г.
- [20] Магазин электроники [Электронный ресурс]; «Регулируемый стабилизатор положительного напряжения», <https://static.chipdip.ru/lib/149/DOC000149119.pdf> дата обращения 20.05.18г
- [21] Магазин электроники [Электронный ресурс]; «Datasheet STLM75», <https://static.chipdip.ru/lib/583/DOC001583225.pdf>, дата обращения 20.05.18г.
- [22] Paweł Maciejasz, Jörg Eschweiler, Kurt Gerlach-Hahn, Arne Jansen-Troy, Steffen Leonhardt, «NeuroEngineering and Rehabilitation» 2014, 11:3 <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3> REVIEW, дата обращения 20.05.18г.