

Школа Неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка прототипа пассивного экзоскелета

УДК: 616.71-007.55-085.826:681.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д61	Фролов Р.Д.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Иванова В.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дикман Е.Ю.	к.т.н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(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
1Д61	Фролов Роман Дмитриевич

Тема работы:

Разработка прототипа пассивного экзоскелета

Утверждена приказом директора (дата, номер)

22.05.2020

№143-38/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

22.06.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом исследования является устройство для пассивной лечебной гимнастики экзоскелетного типа.

Отличной особенностью данного устройства является отсутствие электрической составляющей, что позволит разработать более упрощенную версию устройства, не требующей дорогостоящего обслуживания и ремонта.

Требуется обеспечить общую прочность компонентов, легкость сборки и комфортное долговременное повседневное использование устройства.

<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>	<p>Исследовать техническую документацию к известным аналогам, выявить технические характеристики и принципы работы кинетической модели узлов устройства.</p> <p>Обозначить задачи исследования, а именно: осуществить выбор варианта исполнения будущей конструкции и видов узлового соединения деталей устройства, выбрать самый приемлемый; провести моделирование для выявления технических характеристик.</p> <p>Основная задача проектирования: разработка эргономичной системы-конструкции, художественного и конструкционного решения устройства для пассивной лечебной реабилитации пациентов.</p> <p>Содержание процедуры: анализ аналогов; отбор дизайн-концепции; создание эскизов; расчет кинетической модели, создание модели.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема устройства</p>
--	-------------------------------------

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

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>22.05.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Иванова В.С.	К. Т. Н.		22.05.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Дб1	Фролов Р.Д.		22.05.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Д61	Фролов Роман Дмитриевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04.Биотехнические системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Литературные источники. 2. Методические указания по разработке раздела. 3. Нормативные справочники. 4. Налоговый кодекс РФ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ Описание потенциальных потребителей
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат нанонаучно-технического проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Многоугольник конкурентоспособности
2. Диаграмма Ганта
3. Структура затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.05.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		25.05.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д61	Фролов Роман Дмитриевич		25.05.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Д61	Фролов Роман Дмитриевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	12.03.04. Биотехнические системы и технологии

ТемаВКР:

Разработка прототипа пассивного экзоскелета

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является устройство для пассивной лечебной гимнастики; Разработка системы передвижения экзоскелета; Рабочим местом является рабочий стол. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК, видеочасть (4 корпус, 105 аудитория)
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.033-78. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируются в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03.
2. Производственная безопасность	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды: – Повышенный уровень шума; – Неудовлетворительный микроклимат; – Неудовлетворительная освещенность рабочей зоны; – Поражение электрическим током (источником является ПК, батарея питания устройства) Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов
3. Экологическая безопасность	Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит. Воздействия на литосферу: при поломке устройства, при утилизации неисправного оборудования (ПК, люминесцентных ламп и т.д.).

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.05.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			26.05.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д61	Фролов Роман Дмитриевич		26.05.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 85 с., 33 рис., 18 табл., 20 источников, 1 прил.

Ключевые слова: экзоскелет, мехатронная система, модели динамики движения, управление, 3d-модель.

Объектом исследования является устройство для пассивной лечебной гимнастики экзоскелетного типа.

Цель работы – разработка прототипа пассивного, который позволяет обеспечивать движение нижних конечностей пациента в стоячем положении.

В данной работе проводились следующие виды деятельности: снятие замеров, расчет необходимых параметров для двигателя, подбор двигателя, подбор материалов, выполнение эскизных работ, проектирование экзоскелета и оформление чертежей.

В результате исследования спроектирован экзоскелет по размерам пациента. Область применения: реабилитационная медицина.

Разработанный экзоскелет в перспективе может обеспечить снижение цены разрабатываемых экзоскелетных комплексов и повысить их доступность для населения.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники
Р2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
Р3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
Р5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности

P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	12
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ.....	14
1.2 ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАЗРАБОТОК.....	15
1.3 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ	18
1.4 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ ХОДЬБЫ	22
ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ЭКЗОСКЕЛЕТА	26
2.1 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРОЕКТА	26
2.2 МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	27
2.3 РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЭКЗОСКЕЛЕТА.....	30
2.4 ПОДБОР ДВИГАТЕЛЯ.....	39
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА	43
3.1 ВЫБОР МАТЕРИАЛА.....	43
3.2 ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОТОТИПА ЭКЗОСКЕЛЕТА	44
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	49
4.1 АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	49
4.2 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА	54
4.2.1 Структура этапов разработки.....	54
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	55
4.2.3 Разработка графика выполнения научно-технического проекта	55
4.2.4 Бюджет научно-технического проекта	59
4.2.5 Расчет материальных затрат научно-технического проекта	59
4.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	60

4.2.7 Расчет заработной платы	60
4.2.8 Расчет дополнительной заработной платы.....	62
4.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .	62
4.3 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	63
4.3.1 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	64
4.3.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	65
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	69
ВВЕДЕНИЕ	69
5.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ... 69	
5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	69
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	70
5.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	71
5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований... 71	
5.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	77
5.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	78
5.4.1 Анализ вероятных ЧС при разработке и эксплуатации объекта исследования.....	78
5.4.2 Необходимые действия при возникновении пожара в помещении	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	85

Введение

Актуальность разработки пассивного экзоскелета обоснована высоким спросом для реабилитации пациентов как людей старшего возраста, так и детей. Так согласно данным Федеральной службы государственной статистики Здравоохранения России количество взрослых людей, получивших травмы нижних конечностей, по данным на 2015 года всего 1044,5 тысяч человек в год, при этом зафиксированы: вывихи, растяжения и перенапряжения капсульно-связочного аппарата суставов, травмы мышц и сухожилий 1856,6 тыс. случаев в год. Реабилитация – самый важный этап процесса восстановления организма человека, поскольку правильно проведенная реабилитация способствует быстрому восстановлению[1].

Моделирование движение человека является сложным техническим процессом, поскольку даже нахождение человека в вертикальном положении (стояние) является неустойчивым положением системы исходя из законов механики. Ходьба человека в свою очередь представляется еще большей совокупностью неустойчивых динамических положений.

Моделирование двуногой ходьбы человека изучается специалистами в таких направлениях как: биология человека, механика ходьбы человека, математический анализ систем передвижения экзоскелета, в настоящее время на эту тему было написано большое количество работ.

На сегодняшний день в научно-технических разработках построения экзоскелетов для пассивной лечебной гимнастики ощущается недостаток анализа совокупности сложных динамических перемещений экзоскелета (таких как ходьба), так же построения математических систем управления электрическими экзоскелетами, спроектированных на основе применения современных безредукторных электроприводов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка прототипа модели экзоскелета.

Ряд задач, которые необходимо осуществить, в ходе проектирования:

1. Анализ существующих разработок экзоскелета.
2. Определение оптимальной конструкции будущего устройства.
3. Обработка данных и осуществление подбора двигателя.
4. Моделирование прототипа.

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Робототехнические системы в медицине

Когда в результате травм или перенесенных операций у человека происходит частичная или полная потеря подвижности, которая в свою очередь может повлечь за собой общее ухудшение состояния пациента или же увеличенные сроки восстановления, в медицине прибегают к использованию вспомогательных устройств, таким как костыли, протезы, инвалидные коляски, способствующие поддерживать функциональные возможности людей с нарушениями подвижности. Основные направления развития робототехнических систем в медицине рис. 1.

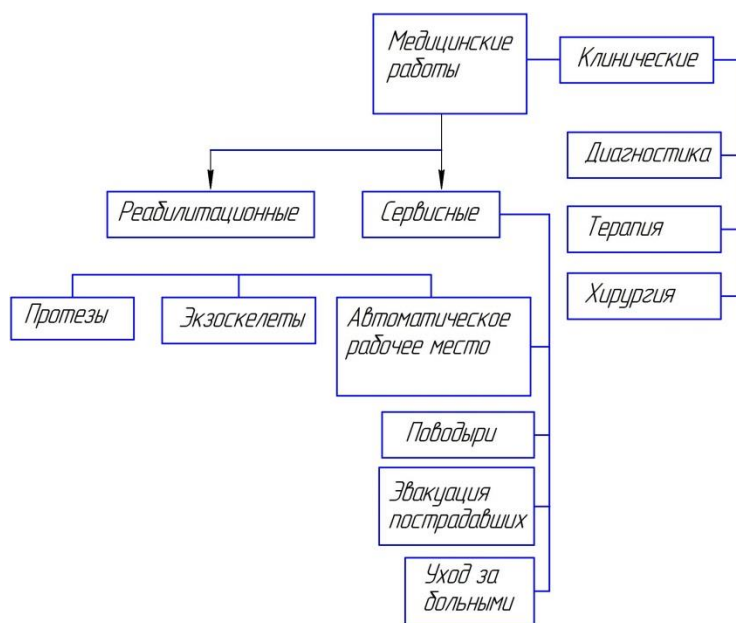


Рисунок 1.1 – Классификация робототехнических систем в медицине

Однако восстановление до первоначального состояния было невозможно до появления экзоскелетных устройств. Экзоскелеты считаются вспомогательной технологией с большими преимуществами из выше перечисленных: обеспечивать поддержку в вертикальном положении, использование в ограниченных пространствах и быть более энергоэффективными. В целом, они направлены на восстановление и, в некоторых случаях, увеличении потерянной мобильности. Кроме того, за счет

увеличения мобильности пациентов, экзоскелеты могут уменьшить проблемы с общим здоровьем, такие как сердечно-сосудистые заболевания, увеличения кровообращения, независимость и самостоятельность передвижения.

Разработка системы передвижения экзоскелета в данной работе реализуется на основе моделирования кинематических решений для свободной ходьбы взрослого человека с учетом определенных требований, которые зависят от параметров конкретного человека, рассматриваемого как объект обучения, например, масса частей тела, различные варианты ходьбы и других факторов.

1.2 Прикладные разработки экзоскелетов и анализ существующих разработок

Исследования экзоскелетов начались в 1960-х годах в Соединенных Штатах Америки и параллельно в бывшей Югославии. Отличались эти исследования тем что цель американских исследователей стояла в том, чтобы увеличить способности солдат, тогда как югославские исследователи стремились восстановить ходьбу пациентов с параплегией и другими заболеваниями ограничивающими подвижность человека.

Нейл Мицен из Cornell Aeronautical Labs разработал Усилитель человека в 1961-1962 годах. Это был комплексный костюм, прикрепленный близко к телу, чтобы следить за его движениями, регулируемых размеров для пользователя. Он включал в себя регулируемые упоры, чтобы ограничить диапазон движения и был оснащен инструментами для записи положения суставов во времени. Это было реализовано на основе приводимых в движение гидравлических двигателей, разработка была выполнена в виде макета и дальше учебных испытаний исследование не продвинулось.

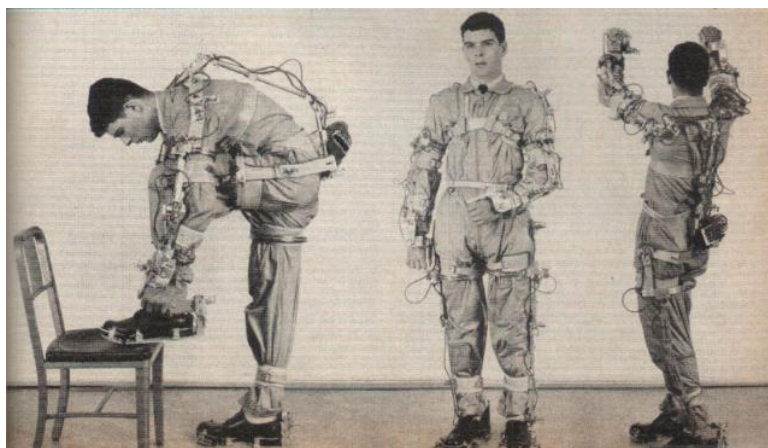


Рисунок 1.2 – Первая концепция экзоскелета Cornell Aeronautical Labs

Одним из первых приводимых в действие носимых роботов был Hardiman, созданный General Electric его разработка производилась благодаря спонсированию Вооружённые силы Соединённых Штатов Америки в период с 1965 по 1971 год. Это был полноценный роботизированный экзоскелет, состоящий из 30 гидравлических управляемых соединений с сервоприводами, которые обратную контрольную связь. Он был разработан для увеличения силы человека в масштабе 25:1.



Рисунок 1.3 – G.E. Hardiman — первый в мире экзоскелет из 60-х годов

В 1971 году Сейрег и Грундманн из University of Wisconsin-Madison создали экзоскелет, чтобы помочь инвалидам в реабилитации, он приводился в действие переменным током и управлялся «марионеточной системой». Принцип действия был основан на том, что из рюкзака, находящегося на спине пациента, тянулись кабели к каждому из кулачных суставов для передачи переменного тока, что в свою очередь приводило в движение весь механизм и симулировало походку человека. Так же в этом экзоскелете впервые были применены материалы такие как: пластмасса и стеклопластик для минимизации веса, в также электронные сервомеханизмы [2].

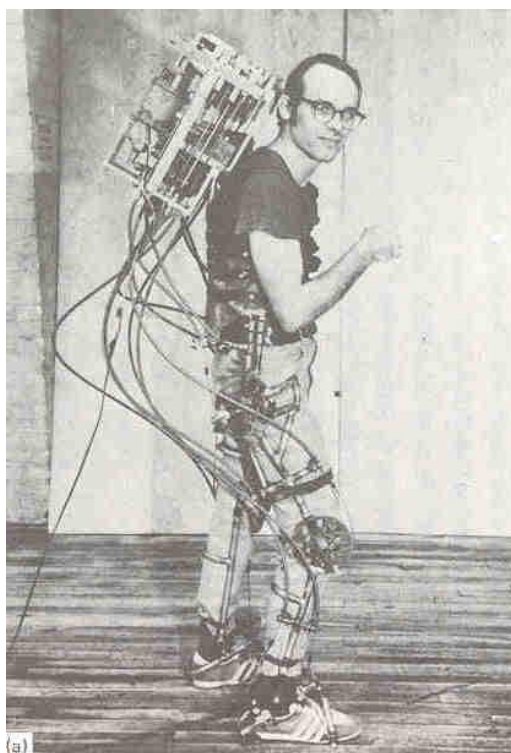


Рисунок 1.4 – Экзоскелет пневматический

Исследование экзоскелетов для восстановления подвижности, реабилитации инвалидов и пожилых людей, а также внедрения в промышленные военные разработки для увеличения силы и выносливости военной пехоты, продолжались в течение следующих десятилетий.

Построение модульных экзоскелетов основывается на современных методах мехатронных и роботехнических систем, которые позволят

значительно упростить конструкции готовых устройств, делая их более меньших масштабов, более быстродействующими и удешевят стоимость.

1.3 Анализ существующих моделей движения экзоскелетов

В идеале экзоскелеты должны быть портативными, то есть автономными, легкими и независимыми от питания, в совокупности с комфортным ношением без ограничения движения. Более того для того чтобы начать коммерческое производство, нужно уделить должное внимание дешевизне производства и безопасности готового устройства. Не смотря на то что разработки экзоскелетов ведутся десятилетиями еще в 1996 году Голдфарб и Дюрфи упоминали, что из-за размеров и веса современных приводов полностью спроектированные образцы не могут быть введены в серийное производство. В 2008 году Казеруни подтвердил, что основными ограничениями для технологий экзоскелета остается энергосбережение. Однако, согласно Такеру и др., в настоящее время исследования в сфере протезирования и построения экзоскелетов вступают в новый век технологий, что позволит им как на примере компании Ekso, создавать прототипы устройств, способных оставаться включенными более 6 часов, из-за меньшего количества приводимых в движение двигателей и снижению веса за счет более легких материалов. Однако для достижения цели переносимые экзоскелеты должны иметь запас батареи достаточный для работы не менее 16 часов, что представляет собой обычный рабочий день [3].





Помимо проблем с энергосбережением, еще предстоит решить множество проблем связанных с самими габарита устройства, имеющиеся в данный момент времени источники питания, которые могут обеспечить энергию в течение длительного времени, все ещё тяжелы и объемны, исследователям необходимо искать приводы меньшего размера, более эффективные трансмиссии и более легкие материалы для рамы, чтобы снизить энергопотребление.

Экзоскелеты могут быть рассчитаны на определенную траекторию движения пациента при ежедневном ношении устройства, но и здесь есть свои

особенности, пользователи восстанавливающийся после полученных травм могут испытывать дискомфорт и боль в суставах, для этого необходимо обеспечить более плотное прилегание каркаса устройства к телу пациента. Также чрезмерное ограничение движения может привести к неуклюжим движения вплоть до опрокидывания, что в свою очередь может закончиться гиперестезией суставов.

Несколько видов портативных экзоскелетов выпущены для продажи или сдачи в аренду реабилитационными клиниками и частными компаниями. Некоторые примеры коммерческих экзоскелетов приведены в Таблице 1. Таблица показывает сравнение 4 коммерческих экзоскелетов, их основные возможности, размеры, конфигурации и требования.

Таблица 1 – Сравнение коммерческих экзоскелетов для парализованных (Cyberdyne, 2015; EksoBionics, 2013; Kazerooni, 2013; RexBionics, 2011)[4]

Характеристики	HAL-5	Ekso	Rewalk	Rex
Дизайн				
Компания производитель	Cyberdyne	Ekso Bionics	Argo Medical Technologies	Rex Bionics
Вид привода	Двигатели постоянного тока с гармоническим двигателем	Двигатели постоянного тока	Двигатели постоянного тока	Двигатели постоянного тока
Вес	12 кг	23 кг	15 кг	38кг
Прибл. Стоимость	Аренда £ 1300 в месяц	£ 75 000	£70,000	£118,000
Время работы	1 час	От 3 до 6 часов	2 часа 40 минут	2 часа ходьбы

Продолжение таблицы 1

Максимальная скорость	0,7 м / с	0,9 м / с	0,83 м / с	0,05 м / с
Параметры пользователя	Рост от 150 до 180 см. Вес до 100кг.	Рост от 150 до 180 см. Вес до 100кг.	Рост от 160 до 185 см. Вес до 100кг.	Рост от 155 до 185 см. Вес до 100кг.

Такая высокая стоимость коммерческих аппаратов обусловлена сложностью проектирования и сложностью сборки. Часто для производства используются дорогостоящие материалы, способствующие увеличению прочности и срока службы экзоскелетов. Так же возможностью подбора индивидуальной программы для реабилитации. Компания Cyberdyne, производящая аппарат марки HAL-5, предоставили клиентам возможность сократить расходы на лечение, с помощью услуги ежемесячной аренды устройства, проходить восстановление после операции или после получения травмы теперь можно в домашних условиях.

Второй причиной является необходимость проведения испытаний на функциональность, комфорт и безопасность в физических лабораториях, с использованием альтернативных программ моделирования, что позволит выявить недостатки конструкции на более ранних стадиях.

Рассмотрим преимущества и недостатки уже имеющих в производстве устройств.

Возможности при использовании REX:

- Самостоятельная ходьба. Не требует костылей или иных средств для стабилизации, оставляя при этом руки свободными.
- Позволяет использовать устройство даже людям с полным повреждением спинного мозга до уровня.
- Освобождает от использования инвалидного кресла.

Как мы можем заметить у данного экзоскелета много достоинств, но так же есть и минусы. Одним самых главных минусов это его стоимость 7.9 млн.

рублей. Так же он не может использоваться людьми ростом ниже 1.42м, что в нашем случае является проблемой. Большая масса конструкции [4].

Автономный экзоскелет нижних и верхних конечностей HAL:

Достоинства:

- Широкая функциональность.
- Высокая грузоподъемность.

Недостатки:

– Технически сложная конструкция с большим количеством степеней подвижности.

- Повышенное энергопотребление.
- Большая масса.
- Максимально ограниченная подвижность оператора.

Пассивных экзоскелетов Ekso:

Достоинства:

- Максимально упрощённая конструкция.
- Минимальные габариты и масса.

Недостатки:

– Позволяют разгрузить оператора только в некоторых фиксированных положениях его тела, что делает возможным практическое использование экзоскелетов такого типа только в медицине.

- Нулевая грузоподъемность.

Использование аппарата ReWalk дает пациентам множество серьезных преимуществ. Среди них:

Достоинства:

– Специальная конструкция рамы, позволяет более плотно фиксировать устройство на теле, не создавая при этом лишнего дискомфорта.

– Особенность конструкции каркаса позволяет распределить вес устройства таким образом, что пользователь ощущает нагрузку всего 2,5 кг.

Недостатки:

- Необходимость использовать костыли для поддержания баланса.
- Возможность использовать данную систему только после специального курса реабилитации.
- Техническое обслуживание возможно только в некоторых странах мира, где есть представительство [4].

1.4 Основные положения биомеханики ходьбы

Понимание биомеханики ходьбы человека имеет решающее значение в дизайне экзоскелетов и активных протезов для нижних конечностей. На рисунке 1.5 показана кинетическая схема человеческой походки. На прямой отмечены временные события этого цикла, они являются приближенными и могут варьироваться в зависимости от параметров человека и различных окружающих условий. Цикл, рассматриваемый на рисунке, начинается (0%) и заканчивается (100%) в момент касания поверхности пяткой одной и той же ноги.

Образно, рассмотрим человеческую ногу как кинетическую модель с шестью степенями свободы, включающая в себя три вращательные степени в бедре и три в лодыжке. На рисунке 1.5 изображены три анатомические плоскости человека и кинематическая модель ноги человека в сагиттальной (срединной) плоскости, которая является главной плоскостью движения человека. На рисунке 1.5 обозначено: Coronal plane – фронтальная плоскость, Saggital plane – сагиттальная плоскость, Transverse plane – горизонтальная плоскость [5].

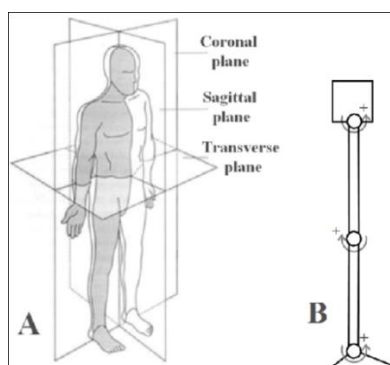


Рисунок 1.5. А – анатомические плоскости человека; Б – кинематическая модель ноги в срединной (сагиттальной) плоскости

Основным элементом ходьбы является шаг. Наименьшее время, прошедшее от данного положения до его повторения, является временем цикла.

Фаза 1, наиболее характерной особенностью ходьбы является опорное положение одной ноги (период одиночной опоры). Началом цикла ходьбы принято считать момент контакта пятки правой ноги с опорой. Фаза опоры составляет 60% от двойного шага, а фаза переноса 40%. (рисунок 1.6).

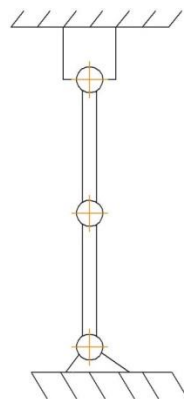


Рисунок 1.6 – Начальное положение ноги

Фаза 2, под тягой электрического двигателя встроенного в конструкцию, бедренное звено и голень совершают поворот на программно заданные углы φ_1 и φ_2 (рисунок 1.7). Период переноса ноги называется «переносным периодом».

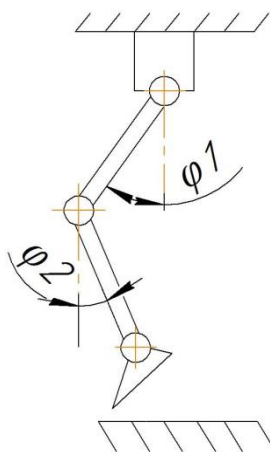


Рисунок 1.7 – Второй этап движения ноги

Фаза 3, в фазе переднего шага мышцы заднего отдела бедра расслабляются и благодаря силе инерции и кратковременному включению двигателя установленного на голени, нога выбрасывается вперед. После этого начинается новый цикл движения. Движения устройства, под действием

двигателя, происходит поворот бедренного, голени и стопы на некоторые, заданные программно углы φ_3 и φ_4 , φ_5 . Стопа ноги ставится на опорную поверхность (рисунок 1.8).

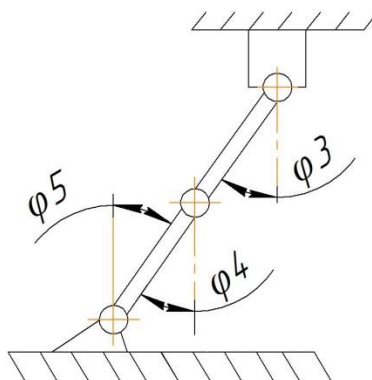


Рисунок 1.8 – Третий этап движения ноги

Фаза 4, момент вертикали. К моменту вертикали нога выпрямляется и приводится за счет подключения в работу двигателя бедра и отчасти под влиянием силы тяжести (рисунок 1.9).

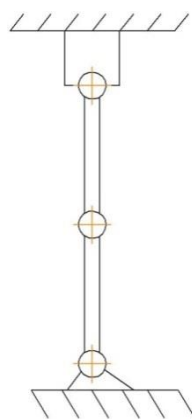


Рисунок 1.9 – Четвёртый этап движения ноги

В это время стопа опирается на грунт всей подошвой, причем большинство ее мышц своим сокращением способствует сохранению сводов и участвует в функции удержания равновесия тела.

При поступательном перемещении экзоскелета, шарнирные соединения устройства испытывают высокие знакопеременные нагрузки в широком диапазоне варьирования при различных фазах ходьбы, в связи с этим, к элементам экзоскелета, приводящих конструкцию в движение, предъявляется несколько условий, согласно которым осуществляется равновесие всей конструкции, плавность передвижения, скорость, что

обуславливает потребность выполнения числового моделирования постоянных и динамических данных для применяемых приводов экзоскелета.

Проанализировав конструкции и виды исполнений существующих коммерческих мехатронных устройств в таблице 1, разобрав алгоритм устройства передвижения ноги экзоскелета, было принято решение использовать модель движения взрослого человека на основе трехзвенного механизма, условно разделенного на три звена 1-3, которые соединены между собой приводами вращательного движения.

На основе полученной модели, - осуществить моделирование прототипа экзоскелета учитывая реальные размеры человека, и учитывая эффекты динамической взаимосвязи движений по степеням подвижности.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время для того, чтобы пациенту пройти полное восстановление после перенесенных травм или проведенной операции по восстановлению нижних конечностей и малого таза необходимо пройти долгосрочное и дорогостоящее восстановление в стационаре госпиталя. Во-первых, восстановление тканевого кровотока во время реабилитации пациента проходит в среднем в течение 30 суток после операции. Все это время пациенту необходимо находиться в отделении госпитализации под присмотром врача. Во-вторых, в амбулаторных условиях больные продолжают занятия лечебной физкультурой в санаториях и профилакториях, поликлинических кабинетах лечебной физкультуры, врачебно-физкультурных диспансерах, а также дома. Проводится механотерапия подразумевающая использование тренажеров и специальных протезов, облегчающих движения ослабленных больных и людей с ограниченными физическими возможностями. В медицине этот метод завоевывает все большую популярность за счет внедрения в практику новых, усовершенствованных приспособлений и аппаратов [16].

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности и конкурентоспособности разработки системы передвижения экзоскелета. Для этого будет проведен анализ конкурентоспособности технических решений, SWOT-анализ, планирование работ и рассчитан бюджет затрат. Данный проект востребован благодаря своему безопасному воздействию на человека и возможностью создать экзоскелет для пассивной лечебной гимнастики [17].

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Для успешного внедрения научной разработки необходимо изучить преимущества и недостатки конкурирующих устройств для реабилитации пациентов.

Для анализа конкурентных технических решений используем формулу:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкуренты:

ExoAtlet I– медицинский экзоскелет МЭ

Andago 2.0 – мобильная система МС

W-HR – ходунки двухуровневые ХД

Andago 2.0 — это мобильная система, предназначенная для поддержки массы тела пациента во время ходьбы. Она позволяет пациенту двигаться в вертикальном положении без опоры на руки.

ExoAtletI—медицинский экзоскелет, который предназначен для реабилитации пациентов с локомоторными нарушениями нижних конечностей, наступивших в результате травм.

W-HR – конструкция изделия предназначена для помощи принятия вертикального положения из сидячего положения пожилыми людьми и пациентами, проходящими период реабилитации.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		МЭ	МС	ХД	Кмэ	Кмс	Кхд
1. Безопасность	0,3	2	5	2	0,6	1,5	0,6
2. Противопоказания	0,2	3	4	2	0,6	0,8	0,4
3. Побочные действия	0,1	3	4	2	0,3	0,4	0,2
4. Стоимость оборудования	0,2	3	2	5	0,6	0,4	1
5. Простота использования (передвижение)	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
6. Требования к помещению	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Итого	1				2,8	3,7	2,9

В таблице 4.1. представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентоспособности. Каждый показатель конкурентов оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей определяются в соответствии с их значимостью для пациента и врачей и в сумме составляют 1. Из таблицы 4.1., что ХД и МЭ имеют примерно одинаковое количество баллов, МС имеет значительное преимущество из-за своей высокой безопасности и отсутствием как таковых противопоказаний. На рисунке 4 наглядно представлены основные критерии оценки имеющихся устройств, для лечебной гимнастики, представленных на рынке. МС имеет преимущества по всем критериям оценки, кроме стоимости конечного оборудования. МЭ значительно уступает конкурентам из-за небезопасности использования устройства и необходимости консультирования перед использованием [17].

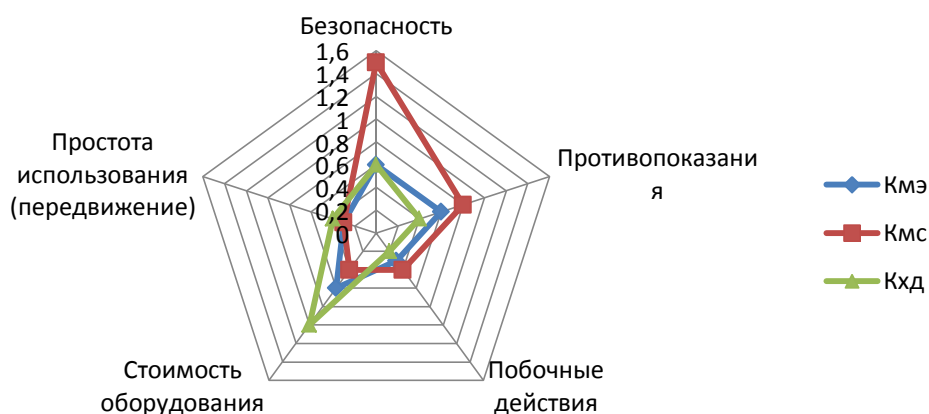


Рисунок 4.1 – Многоугольник конкурентоспособности

Рассчитав конкурентоспособность трех устройств, для лечебной гимнастики, можно сказать, что конкурентоспособность системы $K_{МС}$ составляет 4, $K_{МЭ}$ – 2,8, $K_{ХД}$ – 2,9. Таким образом, система $K_{МС}$, более конкурентоспособна, чем система $K_{МЭ}$ и $K_{ХД}$ (рисунок 4.1).

Для увеличения конкурентоспособности МЭ необходимо разработать стратегию по увеличению безопасности готового устройства, что в свою

очередь сможет сделать аппарат для лечебной гимнастики основным конкурентом МС.

SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT экзоскелета

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1 Невысокая стоимость.</p> <p>С2. Актуальность работы.</p> <p>С3. Применение современных материалов для получения легкой конструкции устройства.</p> <p>С4. Большой срок службы устройства.</p> <p>С5. Универсальная конструкция для любого типа людей.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Низкая скорость изготовления.</p> <p>Сл2. Помощь в реабилитации только нижних конечностей пациента.</p> <p>Сл3. Необходимость привлечения специалистов 3Dмоделирования.</p> <p>Сл.4 Отсутствие финансирования.</p> <p>Сл.5 Трудоемкое изучение и анализ графиков.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Потребность пациентов в улучшении качества реабилитации.</p> <p>В2. Привлечение врачей травматологов для проведения опытов.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>1. Безопасность метода и отсутствие требований к проведению диагностики позволят привлечь медицинских специалистов для проведения опытов и подтверждения эффективности данного метода;</p>	<p>1. Расширение рынка потребления может способствовать финансированию проекта.</p>

Продолжение таблицы 4.2

<p>В4. Участие в конкурсах для получения гранта.</p> <p>В5. Использование новых технологичных конструкций.</p>	<p>2. При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. Также расширение рынка потребления может способствовать финансированию проекта инвесторами.</p>	<p>Проводя исследования на базе ТПУ можно разработать прототип с обратной связью и получить известность на рынке.</p> <p>2. Большое количество привлеченных аспирантов и преподавателей позволит более быстро обрабатывать полученные результаты, проводить исследования и совершенствовать разработку.</p>
<p>У1. Отсутствие спроса на новый вид технологий.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научно-технического проекта со стороны государства.</p>	<p>1. Универсальная конструкция позволит производить устройства с помощью более выгодных технологий и материалов.</p> <p>2. Безопасность и безболезненность прибора может повлиять на доверие пациентов и медицинских работников к данному устройству.</p>	<p>1. Необходимо разработать прототип и пройти сертификацию для того, чтобы выйти на рынок и заполучить репутацию.</p> <p>2. Отсутствие финансирования может привести к ограничению расширения возможностей прибора и его использования.</p>

Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как усовершенствование конструкции будущего устройства, подбор крепких и износоустойчивых материалов, что в свою очередь поможет увеличить срок службы экзоскелета и снизить затраты на производство

прототипов, и составить конкуренцию среди имеющихся аналогов на рынке медицинской техники.

Что касается слабых стороны, необходимо обратить внимание на улучшение технических параметров, привлечение дополнительного финансирования и создание научной группы. С точки зрения прикладного использования, экзоскелеты для пассивной лечебной гимнастики, могли бы иметь перспективы применения будущих устройств в области травматологии.

4.2 Планирование научно-технического проекта

4.2.1 Структура этапов разработки

В данном разделе был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научно-технического проекта, проведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления разработки	1	Выбор направления исследований	Иванова В.С., Фролов Р.Д.
	2	Составление и утверждение технического задания	Иванова В.С.,
	3	Календарное планирование работ по теме	Иванова В.С.,
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Фролов Р.Д.
Теоретические и экспериментальные разработки	5	Написание теоретической части	Фролов Р.Д.
	6	Подбор оборудования и программного обеспечения для реализации	Иванова В.С., Фролов Р.Д.
	7	Разработка алгоритма получения экспериментальных данных	Фролов Р.Д.
	8	Разработка математической модели устройства	Фролов Р.Д.
	9	Оценка полученных экспериментальных данных	Иванова В.С., Фролов Р.Д.

Продолжение таблицы 4.3

Итоги и оценка результатов		Оформление итогового варианта ВКР	Фролов Р.Д.
		Согласование и проверка работы с научным руководителем	Иванова В.С..

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используем формулу:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

После того, как рассчитали, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{Pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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.

4.2.3 Разработка графика выполнения научно-технического проекта

Построим наглядный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. График представлен на рисунке 4.2.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни и занесем данные в таблицу 4.4. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, 299 рабочих дней, 66 выходных/праздничных дней.

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48,$$

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.

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу 4.4.

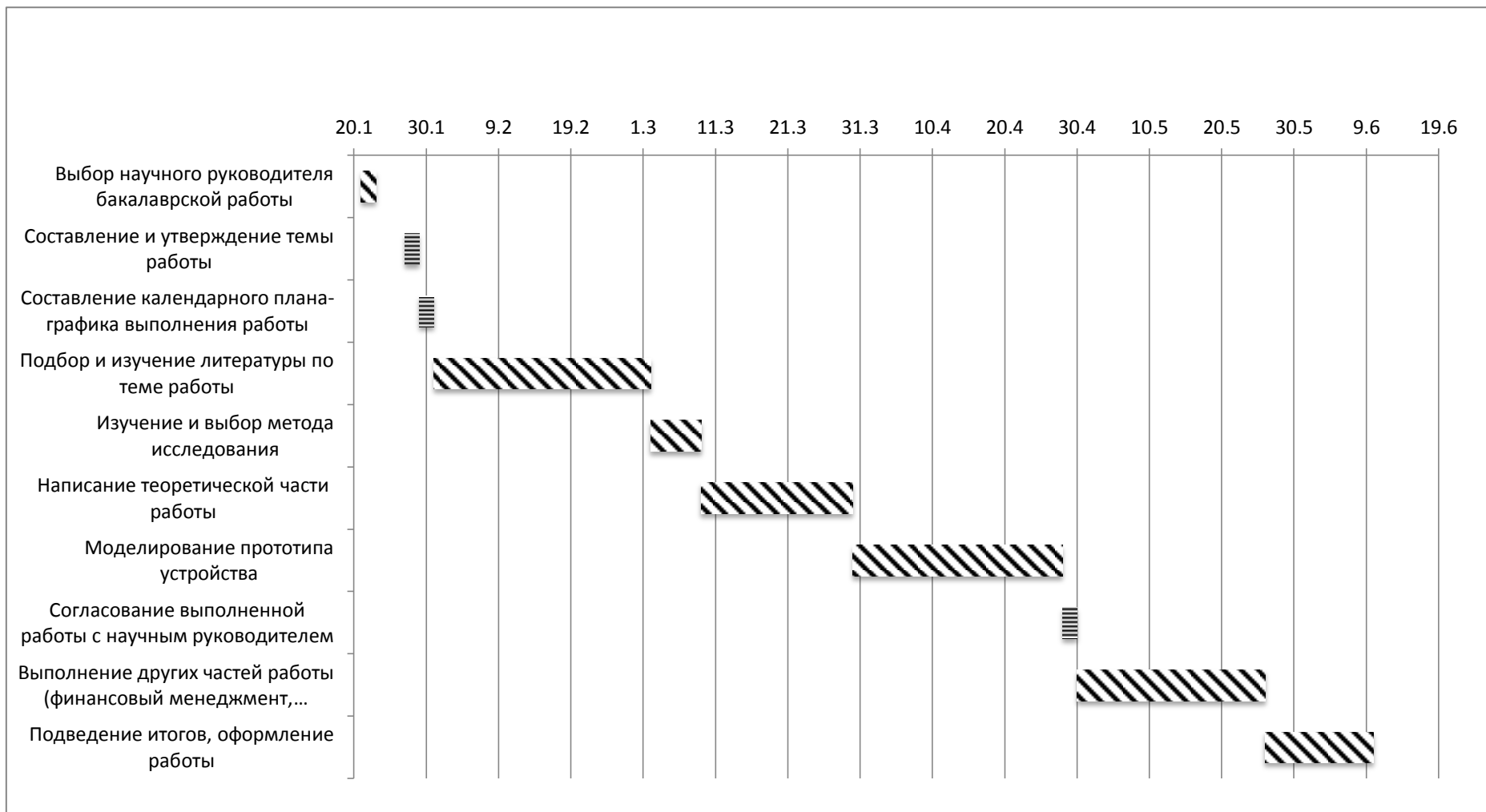
Используя таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научно-технического проекта

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительность работ, дни	
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Фролов Р.Д.	2	3	2,4	1	2
Составление и утверждение темы работы	Иванова В.С.	2	3	2,4	1	2

Продолжение таблицы 4.4

Составление календарного плана-графика выполнения работы	Иванова В.С.	2	3	2,4	1	2
Подбор и изучение литературы по теме работы	Фролов Р.Д.	17	33	23,5	26	30
Изучение и выбор метода исследования	Фролов Р.Д.	5	8	6	6	7
Написание теоретической части работы	Фролов Р.Д.	15	20	17	17	21
Моделирование прототипа устройства	Фролов Р.Д.	20	30	24	24	29
Согласование выполненной работы с научным руководителем	Иванова В.С.	2	3	2,4	1	2
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Фролов Р.Д.	18	26	17	21	26
Подведение итогов, оформление работы	Фролов Р.Д.	10	15	12	12	15



Руководитель проекта – ▨

Студент – ▩

Рисунок 4.2 – Диаграмма Ганта

4.2.4 Бюджет научно-технического проекта

При планировании бюджета разработки обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям:

- материальные затраты;
- стоимость оборудования;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы;

4.2.5 Расчет материальных затрат научно-технического проекта

В таблице 4.5 представлена стоимость материалов, используемых при разработке проекта. Затраты на канцелярские принадлежности составило 215 рублей.

Таблица 4.5 – Материальные затраты

Наименование	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Концелярия	1	1	1	800	695	550	800	695	550
Крепежные детали	1	1	1	400	375	300	400	375	300
SBS пластик	1	1	1	9200	5424	3700	9200	5424	3700
	1	1	1	10400	6494	4550	10400	6494	4550
Итого	Исполнение 1			Исполнение 2			Исполнение 3		
	10400 руб.			6494 руб.			4550 руб.		

Итого по статье «материальные затраты» – Исполнение №1 10400 руб., исполнение №2 6494руб., исполнение №3 4550 руб.

4.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на приобретение компьютера и программного обеспечения (ПО) в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – расчеты затрат на приобретение ПК и ПО

Наименование ПО			Стоимость ПОс НДС, руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
КОМПАС-3Д	КОМПАС-3Д	КОМПАС-3Д	4500	1490	1490
ПК	ПК	ПК	45000	45000	45000
Итого:			49500	46490	46490

4.2.7 Расчет заработной платы

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зароботная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего зароботная плата по окладам без кр, тыс. руб.
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, оценка результатов	Руководитель	22	1,08	35,12
2	Теоретические и экспериментальные исследования, расчет на разработанной модели, оформление отчетв по НИР	Бакалавр	44	0,411	18,08
Итого:					53,2

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле :

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (7)$$

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

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн,

$Z_{дн}$ –среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле :

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (8)$$

В формуле (8) $Z_{м}$ – 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;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.(таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	119	119
– праздничные дни		
Потери рабочего времени		
– отпуск	92	92
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * k_p, \quad (9)$$

где Z_b – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.10.

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$,руб.
Руководитель	35120	1,3	45656	3261,1	155	505470,5
Бакалавр	18080	1,3	23504	1678,9	155	260230

4.2.8 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (15% от $Z_{осн}$);

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

$Z_{доп}$ (руководитель) = 0,15 · 505470,5 = 75820,6 руб.

$Z_{доп}$ (бакалавра) = 0,15 · 260230 = 39034,5 руб.

Итого по статье «дополнительная заработная плата» – 114 820,1руб

Результаты расчета в таблице 4.10.

4.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (11)$$

где

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

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 30% .

Расчет отчислений во внебюджетные фонды:

Руководитель проекта:

$$З_{внеб} = 0.3 * (505470,5 + 75820,6) = 174387,3$$

Бакалавра:

$$З_{внеб} = 0.3 * (260230 + 39034,5) = 89779,3$$

Итого:

$$З_{внеб \text{ рук}} = 174387,3 \text{ руб.}$$

$$З_{внеб \text{ бак.}} = 89779,3 \text{ руб.}$$

Итого по статье «Отчисления во вне бюджетные фонды»– 264166,7руб.

Результаты расчета в таблице 4.10.

4.3 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{нр} \quad (12)$$

где

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Результаты расчета в таблице 4.10.

4.3.1 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-технический проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.10.

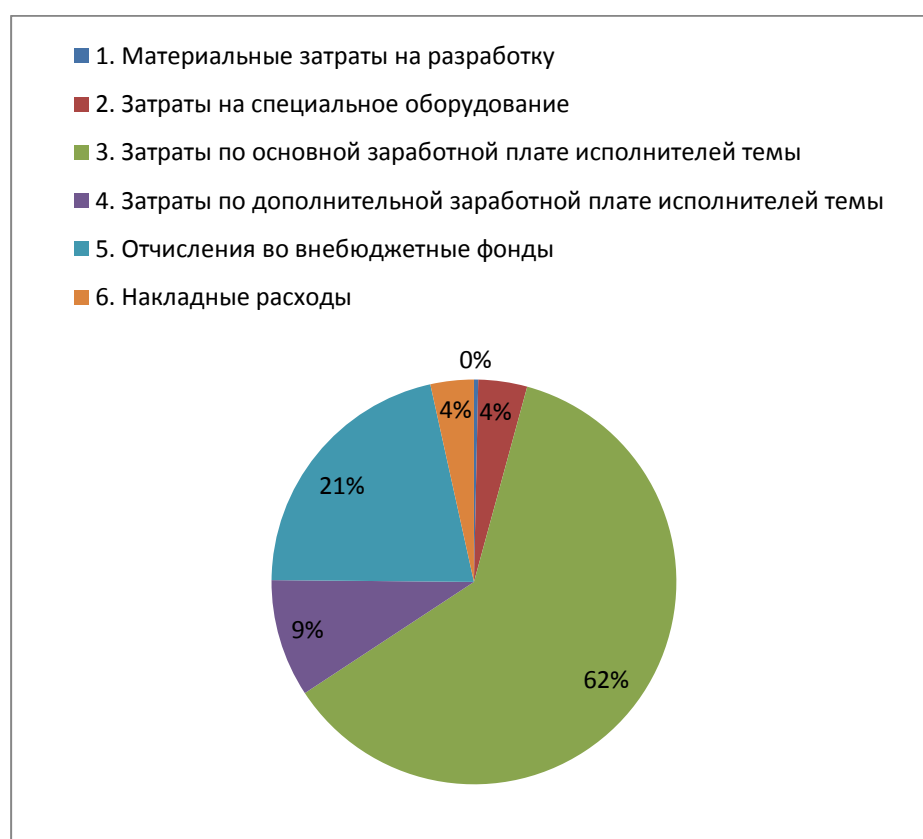


Рисунок 4.3 – Структура затрат исполнения №1

Таблица 4.10 – Бюджет затрат научно-технического проекта

Как видно из таблицы 4.10 основные затраты НТИ приходятся на затраты по основной заработной плате исполнителей темы (рисунок 4.3).

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты	10400	6494	4550
2. Затраты на специальное оборудование	49500	46490	46490
3. Затраты по основной ЗП исполнителей	765700,5	765700,5	765700,5
4. Затраты по дополнительной ЗП исполнителей	114820,1	114820,1	114820,1
5. Отчисления во внебюджетные фонды	264166,7	264166,7	264166,7
6. Накладные расходы	38546,8	38325,5	38263,3
7. Бюджет затрат НИИ	1243134,1	1235996,8	1233990,6

4.3.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле :

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13),$$

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

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

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

$$I_{\phi}^{\text{исп1}} = 1243134,1 / 1243134,1 = 1$$

$$I_{\phi}^{\text{исп2}} = 1235996,8 / 1243134,1 = 0,994$$

$$I_{\phi}^{\text{исп3}} = 1233990,6 / 1243134,1 = 0,992$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность	0,3	2	5	2
2. Противопоказания	0,2	3	4	2
3. Побочные действия	0,1	3	4	2
4. Стоимость оборудования	0,2	3	2	5
5. Простота использования (передвижение)	0,1	3	3	4
6. Требования к помещению	0,1	4	3	4
ИТОГО	1	2,8	3,7	3

$$I_{p-\text{исп1}} = 0,3 * 2 + 0,2 * 3 + 0,1 * 3 + 0,2 * 3 + 0,1 * 3 + 0,1 * 4 = 2,8$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0,3 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 4 + 0,2 * 2 + 0,1 * 3 + 0,1 * 3 = 3,7$$

$$I_{p-\text{исп3}} = 0,3 * 2 + 0,2 * 2 + 0,1 * 2 + 0,2 * 5 + 0,1 * 4 + 0,1 * 4 = 3$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп}i}$) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}} \quad (14)$$

$$I_{исп.1} = 2,8 / 1 = 2,8$$

$$I_{исп.2} = 3,7 / 0,994 = 3,72$$

$$I_{исп.3} = 3 / 0,992 = 3,02$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (15)$$

Таблица 4.12 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	1,00	0,994	0,992
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,8	3,7	3
Интегральный показатель эффективности	2,8	3,72	3,02
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,75	0,92

Из таблицы 4.12 можно видеть, что лучшим исполнением научно-технического исследования является исполнение 1, так как в данном исполнении лучшее обеспечение материалами и оборудованием, следовательно, достигается наибольшая эффективность проделанной работы

Общий вывод

В данном разделе был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения разработки системы управления экзоскелетом.

Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения научно-технического проекта. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта. Данный метод реабилитации пациентов является конкурентоспособным благодаря своим преимуществам, в разработке необходимо использовать современные материалы и конструкции для будущего устройства, что позволит снизить его цену и повысить износостойкость, поднять спрос на рынке за счет снижения цены готового изделия.

В данном разделе было произведено распределение обязанностей выполняемой работы и рассчитано время, необходимое для её выполнения – это составляет 155 календарных дней. Также был сформирован бюджет затрат на изучение разработки, составляющий 1235996,8 рублей. Большой процент затрат приходится на основную заработную плату исполнителей проекта: затраты по основной заработной плате исполнителей темы 765700,5 рублей, это составляет 62% от общего бюджета разработки.

По произведенному анализу можно судить, что данное устройство для пассивной лечебной гимнастики может быть востребовано в клиниках травматологии и способно занять свое место на рынке. Данный метод при правильном продвижении и учете внешних и внутренних факторов, может составить сильную конкуренцию имеющимся методам реабилитации пациентов.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Так как в данной работе рассматривается ход проектирования оборудования для пассивной лечебной гимнастики и разработка системы передвижения экзоскелета, необходимо проанализировать и рассмотреть моменты соблюдения требований к безопасности труда, безопасности производства, охране окружающей среды и сбережению природных ресурсов.

Выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра осуществлялось в аудитории 105, компьютерный класс учебного корпуса № 4 ТПУ подразделения Отделение Электронной Инженерии (ОЭИ). Данная аудитория оборудована персональными компьютерами для управления и обработки информации.

По стандартам безопасности жизнедеятельности, необходимо в ходе проектирования произвести такие решения, которые обеспечат минимизацию риска возникновения несчастных случаев как в ходе производства и снижение уровня вредного воздействия на окружающую среду.

Безопасность во время производства. В данном разделе будут проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие во время проектирования, производства или использования решения.

Характерные для данного объекта опасные и вредные производственные факторы выбираются исходя из ГОСТ 12.0.003-2015. перечень необходимых факторов будет представлен в виде таблицы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

– обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

– отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение

тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Рабочее место сотрудника аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

5.2. Производственная безопасность

Разработка системы передвижения экзоскелета подразумевает использование электронной вычислительной машины (ЭВМ) с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке программного приложения или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов оценки уровня производственной безопасности необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды стоит представить в виде таблицы 5.1 .

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.разработка системы передвижения экзоскелета; 2.эксплуатация готового решения;	1.повышенный уровень шума на рабочем месте; 2. Неудовлетворительный микроклимат;	1.острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструментов и оборудования; 2.поражение электрическим током;	1.ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

Продолжение таблицы 5.1

3. работа с ЭВМ;	3.недостаточная освещённость рабочей зоны.	3.пожаравзрывобезопасность	2.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; 3.ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды; 4.ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [20].
------------------	--	----------------------------	--

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум — это общая совокупность звуков, отрицательно влияющих на организм человека. В то же время высокий уровень шума препятствует комфортному проведению работ и отдыха.

Шумом является любой раздражающий восприятие человека звук, если рассматривать вопрос с физиологической точки зрения. Шум значительно способствует ухудшению условий труда. Так как ответной реакцией организма на возникновение шума являются:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- повышение уровня давления в сердечно сосудистой системе;
- рассеяние внимания.

Продолжительное воздействие шума может вызвать отрицательные изменения в функционировании нервной и сердечно-сосудистой системах человека, вызвать возникновение невротических заболеваний и заболеваний сердечно-сосудистой системы.

При работе с ЭВМ в аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

В данном случае, работа персонала относится к конструированию, проектированию и программированию, а рабочее место располагается в лаборатории для теоретических работ и обработки данных. Соответственно, уровень допустимого шума составляет 50 дБА, согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [18]. Шум, который производит ПК, не превышает 40 дБ, а шум от сервопривода не превышает 20 дБ.

В качестве мер защиты от шума применяют звукопоглощающие материалы для отделки помещения, звукоизоляцию.

Рабочее место удовлетворяет нормативным требованиям[18].

Неудовлетворительный микроклимат на рабочем месте

Определение микроклимата в производственных помещениях происходит по следующим критериям:

1. температура в помещении;
2. относительная влажность помещения;

Эти критерии определяют уровень теплообмена организма человека, который в свою очередь оказывает значительное влияние на функционирование систем органов человека, его общее самочувствие, способность к труду и уровень здоровья.

Уровень температуры в производственном помещении является одним из основных факторов, которые определяют микроклиматические условия производственной среды. Повышенный уровень температуры вызывает отрицательное воздействие на общее состояние здоровья человека. Такой уровень температур вызывает усиленное потоотделение, что может привести к

обезвоживанию организма, сопутствующему выводу из организма минеральных солей и витаминов, вызвать отрицательные стойкие изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы. Самыми опасными во время производства, являются рассеивание внимания, ухудшение координации движений, замедление реакции, так как снижения их уровня повышает вероятность возникновения несчастного случая, который может привести к травме или даже чрезвычайной ситуации

Аудитория 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборостроения и машиностроения, работа за компьютером, проектирование и т.п.).

Таблица 5.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	Ia	21-28	17-75	0,1
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1

Для предотвращения возникновения негативного влияния микроклимата на человека, необходимо проведение таких мероприятий как установка определённого графика работ, установка систем вентиляции и кондиционирования и прочие меры необходимые для создания комфортных условий труда.

Таблица 5.3 – Оптимальные значения показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно [18] микроклимат аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ соответствует допустимым нормам.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для нормальной деятельности человека на рабочем месте необходимо создать его достаточное освещение. При недостатке освещённости рабочей зоны может вызываться быстрое переутомление, снижение рабочей активности и в худшем случае вызвать слепоту.

Свет оказывает значительное влияние на здоровье человека. Для повышения работоспособности и стимулирования работы нервной системы человека необходимо правильно организовывать освещение. При недостатке освещения наоборот снижается продуктивность, повышается риск возникновения ошибочных действий, что в свою очередь может вызвать травму. В то же время, свет может оказывать различное воздействие на системы организма человека, в зависимости от длины волны :

- Оранжево-красный спектр – возбуждающее действие.
- Жёлто-зелёный спектр – успокаивающее.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк . Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк СП 52.13330.2011. Пульсация освещения при работе с мониторами не должна превышать 5% в соответствии с СП СанПиН №0100-00. Для того что бы выдержать данные параметры в пределах нормы, рекомендуется использовать светильники с лампами переменного тока частоты 400 Гц и выше.

Согласно [18] освещение в аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ соответствует допустимым нормам.

Поражение электрическим током

Так как проектирование, изготовление и использование объекта темы ВКР непосредственно связано с использованием электрического тока, так как происходит постоянный контакт человека с ЭВМ, электроинструментом, и электрическими компонентами разрабатываемого устройства. Необходимо рассмотреть его воздействие на человеческий организм.

– При соприкосновении с не заизолированным источником тока может произойти 2 вида поражения организма;

– Электрическая травма - воздействие электрического тока на организм, вызвавшее местное или общее расстройство в работе организма.

Электрический удар - воздействие электрического тока на организм человека, вызвавшее судорожные сокращения мышц тела.

Согласно ГОСТ Р 12.1.009-2009 в результате воздействия на организм электрического тока, могут возникать электрические травмы, удары и смерть.

Среди электрических травм можно выделить 2 наиболее опасных вида:

– Ожоги, которые возникают на месте контакта тела с источником тока. Ожоги вызывают кровотечение и омертвление поражённых участков тела.

– Механические повреждения, являющиеся результатом непроизвольного сокращения мышц, под действием тока, проходящего через организм человека. В результате могут возникнуть вывихи суставов, переломы костей и как следствие разрывы сосудов и мягких тканей.

Персональный компьютер питается от тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в то время как безопасным для человека принято напряжение 42 В. По этому при работе с подобной аппаратурой необходимо соблюдать нормы и правила безопасности жизнедеятельности при работе с электричеством.

Что бы предотвратить электрические травмы, удары или ожоги, необходимо обеспечить изолированность токоведущих частей от проникновения влаги и случайных прикосновений. Так же для подключения

оборудования к сети необходимо использовать кабели электропитания с заземлением.

Так же при работе с оборудованием, работающем от электрического тока, может возникать статическое электричество, которое в свою очередь притягивает пыль на корпусные части и мониторы оборудования. Следствием этого является ухудшенная видимость экрана и читаемость текста на корпусах оборудования. Так же возможно попадание этой пыли на кожные покровы, слизистые оболочки или дыхательные пути. Впоследствии это может вызывать аллергические реакции, кожные и пульмонологические заболевания [18].

5.3 Экологическая безопасность

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, даются следующие общие рекомендации по снижению опасности для окружающей среды, исходящей от компьютерной техники: применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности, применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации, отходы в виде компьютерного лома утилизировать, использовать экономные режимы работы оборудования.

Негативное воздействие на окружающую среду, в частности на литосферу, возможно только в случае утилизации вышедших из строя частей ПК.

Вышедшие из строя ПК и оргтехника относятся к IV классу опасности и подлежат специальной утилизации: вывозу и переработке. В ходе деятельности проектирования возникает необходимость утилизировать бумажные отходы, люминесцентные лампы и использованные картриджи от принтеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и картриджи, люминесцентные лампы должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

При проектировании оборудования для пассивной лечебной гимнастики процесс делится на несколько этапов:

- идея, эскизирование, выбор окончательного варианта;
- введение объекта в производство;
- эксплуатация объекта потребителями;
- утилизация объекта после утраты своего функционального назначения.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Так как объектом исследования является математическая модель устройства, то наиболее вероятные ЧС это пожар в аудитории, стоит рассмотреть подробнее методы и мероприятия защиты от него. По ГОСТ 12.1.004-91:

1. Системы вентиляции необходимо оборудовать устройством, автоматически отключающим сеть при возникновении признаков пожара (дым, резкий нагрев атмосферы).

2. Необходимо установить вентиляционное охлаждение для подачи воздуха к лабораторной установке.

3. Необходимо предусмотреть блокировку системы электропитания лабораторной установки.

4. Обязательно нужно установить автоматическую пожарную сигнализацию в помещении, где проводятся работы.

5. Необходимо производить регулярную очистку от пыли всех приборов и узлов находящихся в рабочей зоне.

5.4.1 Анализ вероятных ЧС при разработке и эксплуатации объекта исследования

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [18] чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории или акватории, 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

При разработке и эксплуатации проекта возможны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);

В аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ проводятся исследования с эксплуатацией ЭВМ, имеются твердые горючие материалы (столы, шкафы, ПК). Возможными причинами загорания является неправильная эксплуатация ПК. По степени пожароопасности помещение относится к классу П-Па .

Зоны класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность электросетей;
- незнание или небрежность обслуживающего персонала;
- курение в неположенных местах.

В соответствии с Федеральным законом №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» наиболее вероятным классом пожара в Аудитория 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ является пожар класса Е.

Пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е).

Аудитория 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

5.4.2 Необходимые действия при возникновении пожара в помещении

- В первую очередь требуется по телефону «101» или «112», сообщить в службы спасения о случившемся пожаре.
- Затем необходимо организовать эвакуацию людей в соответствии с планом эвакуации. Необходимо проследить, что бы во время эвакуации не создавалась паника.
- До приезда служб спасения необходимо использовать средства пожаротушения, которые имеются в наличии. Если ликвидировать очаг пожара с помощью собственных сил не удалось, то необходимо покинуть помещение и закрыть дверь (замок не запирать).

В аудитории 105, компьютерного класса учебного корпуса № 4 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствие с планом эвакуации [19].

4. Необходимо учитывать технологические особенности процесса выполняемых работ. При несоблюдении которых, вырастает риск возникновения производственной травмы или возникновения профессионального заболевания.

Рабочее помещение должно соответствовать нормам полезной площади и объёма помещения. Для высших учебных заведений оптимальная площадь помещения на одного обучающегося не должна быть меньше 4м^2 , а по СНиП 2.08.02-89 [20].

Заключение

В результате выполнения ВКР была разработана экзоскелет нижних конечностей. Для получения данного результата в первую очередь были рассмотрены положительные и отрицательные стороны аналогов. Затем были сняты необходимые замеры. Так же были произведены расчеты кинематической модели экзоскелета и осуществлен подбор двигателя. Были выбраны основные материалы для будущей печати модели на 3d принтере. После проработки эскиза прототипа, была реализована 3d-модель всех звеньев конструкции в КОПМАС-3Д. Был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения разработки системы управления экзоскелетом. Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения научно-технического проекта.

Список использованных источников

1. Министерство Здравоохранения Российской Федерации // Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения URL: <https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskij-sbornik-2018-god> (дата обращения: 11.06.2020).
2. G.E. Hardiman I Exoskeleton – Ralph Mosher (American) [Электронный ресурс]: - Режим доступа: свободный. URL: <http://cyberneticzoo.com/man-amplifiers/1966-69-g-e-hardiman-i-ralph-mosher-american/> (Дата обращения: 16.06.2020).
3. Frontiers Editorial Office // Cooperative Control for A Hybrid Rehabilitation System Combining Functional Electrical Stimulation and Robotic Exoskeleton [Электронный ресурс]: - Режим доступа: свободный. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2017.00725/full> (Дата обращения: 16.06.2020).
4. К вопросу применения экзоскелетов в промышленной и строительной сфере - история разработок, виды, классификация // ПО СТРОЙТЕХНИКА URL: <http://www.str-t.ru/reports/18/> (дата обращения: 11.06.2020).
5. Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Понедельченко М.С. Математическое моделирование движения аппарата для реабилитации нижних конечностей человека после травм. // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
6. Руководство по началу работы с Tracker // Tracker 5.3 Help URL: <https://physlets.org/tracker/help/frameset.html> (дата обращения: 11.05.2020).
7. Савельев И.В. Курс общей физики Механика, колебания и волны, молекулярная физика . том 1 изд. –М.: Наука, 1970. – 508 с.
8. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов.. - СПб.: Питер, 2008. - 320 с.

9. Герасимов В. Г., Кузнецов Э. В., Николаева О. В. Электротехника и электроника. Кн. 2. Электромагнитные устройства и электрические машины. — М.: Энергоатомиздат, 1996. — С. 62. — ISBN 5-283-05005-X.
10. Шаговый двигатель // Инженерные решения URL: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/stepper/> (дата обращения: 11.06.2020).
11. Вентильный двигатель постоянного тока: принцип действия // СЗЭМО URL: <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/ventilnyy-dvigatel-postoyannogo-toka-printsip-deystviya/> (дата обращения: 11.06.2020).
12. Как выбрать электродвигатель // ТехПривод URL: <https://tehprivod.ru/poleznaya-informatsiya/vybor-elektrodvigatelya/> (дата обращения: 11.06.2020).
13. Расходные материалы для 3D-печати // О ГК Центр 3D технологий URL: <https://3dcorp.ru/matt.html> (дата обращения: 11.06.2020).
14. Пластик SBS [Электронный ресурс]: - Режим доступа: свободный. URL: <http://rusabs.ru/collection/sbs> (дата обращения: 11.06.2020)
15. Руководство пользователя КОМПАС-3D v18 // АСКОН - Системы проектирования URL: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/COMPAS-3D-v17_Guide.pdf (дата обращения: 11.06.2020).
16. Волков М.В. Травмы в современном мире: их профилактика и лечение как социальная и медицинская проблема. // Хроника ВОЗ. – 1973. – т. 27. - № 11-12. – С. 524-534.
17. Саврасов Г.В., Ющенко А.С. Основные направления развития медицинской робототехники // Мехатроника, № 4, 2000. – с. 34-39.
18. 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.
19. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 30.06.1992. – М.: Стандартинформ, 2006 - 68 с.

20. 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.

Приложение А

