

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка программного обеспечения распространения протезирования для животных

УДК 004.415:619-77:615.477.2\

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ71	Тихонова Яна Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Гончаров .В.И.	Д.Т.Н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Сосковец Л.И.	Д.И.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Н.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Малышенко А.М.	Д.Т.Н., профессор		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н		

Томск – 2019 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, 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>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5АИОР (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 науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Уровень образования – Магистратура

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.05.2019	Разработка программного обеспечения	30
25.05.2019	Разработка аппаратной части	30
04.06.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
06.06.2019	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Гончаров В. И	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Малышенко А.М.	д.т.н., профессор		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Малышенко А.М.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ71	Тихоновой Яне Сергеевне

Тема работы:

Разработка программного обеспечения распространения протезирования для животных	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1385/с от 21.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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.).	Утилитарное программное обеспечение должно быть разработано в соответствии с учетом авторских прав, а именно программное обеспечение должно быть свободно распространяемым. Протез должен быть разработан с учетом медицинских показателей.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).	Разработка утилитарного программного обеспечения, разработка прототипа съёмного протеза для животных.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сосковец Любовь Ивановна, профессор ОСГН ШБИП, д.и.н	
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна, старший преподаватель ООД ШБИП	
Раздел на иностранном языке	Пичугова Инна Леонидовна, старший преподаватель ОИЯ ШБИП	
Нормоконтроль	Суханов Алексей Викторович, доцент ОАР ИШИТР, к.х.н.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
1. Протезирование конечностей. Теоретические данные		
2. Актуальность использования съёмного протеза		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.2019
--	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Гончаров В.И	д.т.н., профессор.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ71	Тихонова Яна Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ71	Тихоновой Яне Сергеевне

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.06 Мехатроника и робототехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материалы и оборудование 2503,935 руб.; Основная заработная плата 120780,6 руб; Отчисления на социальные нужды 36234,21 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Человеческие ресурсы – 2 человека
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30 % – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности разработки программного обеспечения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Диаграмма Ганта
6. Расчёт денежного потока
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Сосковец Любовь Ивановна	д.и.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ71	Тихонова Яна Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ71	Тихоновой Яне Сергеевне

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.04.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Создание ПО с целью популяризации протезирования для животных	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Плагин для Blender, автоматизирующий создание съёмного протеза для животных. Рабочее место – учебный корпус ТПУ. Технологический процесс представляет собой проведение экспериментальной части и сбор статистических данных, анализ, сравнение с полученными ранее графическими моделями. Основным оборудованием в работе является персональный компьютер с периферийными устройствами и 3d принтер. Основное применение- помощь животным в вет.клиниках
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируются в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных факторов: отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны, превышение уровня шума, повышенный уровень электромагнитных излучений, отклонение показателей микроклимата, химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм Анализ выявленных опасных факторов: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Организация вытяжки на рабочем месте, соблюдение ТБ

3. Экологическая безопасность:	Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит. В работе проведён анализ воздействия на литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ71	Тихонова Я.С.		

Оглавление

Введение	14
1. Протезирование конечностей. Теоретические сведения	16
1.1 Виды протезов для нижних конечностей	16
1.2 Физиологические основы протезирования конечностей	17
1.3 Классификация протезно-ортопедических изделий.....	20
1.4 Рациональное протезирование Основные биомеханические предпосылки	21
1.5 Строение протеза	23
2. 3D – моделирование. ПО Blender	25
3. Протезирование конечностей животных.....	28
3.1 Ветеринарные услуги по протезированию в России.....	28
3.2. Актуальность использования съёмного протеза.....	31
3.3 Построение протеза для конечности.....	35
3.4 Создание аддона для удобного меню	41
3.5 Рекомендации по уходу за культей.....	44
3.6 Создание шины на 3D принтере.....	46
3.7 Моделирование в OpenSCAD	47
4. Социальная ответственность	51
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	51
4.1.1 Эргономические требования к рабочему месту	51
4.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений	53
4.2 Производственная безопасность	54
4.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	55
4.2.2 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны	56
4.2.3 Превышение уровня шума	57
4.2.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений	58
4.2.5 Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм.....	59

4.2.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	60
4.3 Экологическая безопасность.....	61
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	63
4.5 Выводы по разделу	64
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
5.1 Предпроектный анализ	65
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
5.1.3 SWOT-анализ	68
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	71
5.2 Планирование управления научно-техническим проектом	73
5.2.1 Иерархическая структура работ проекта.....	73
5.2.2 Организационная структура проекта.....	74
5.3. Организация и планирование работ.....	75
5.3.1 Продолжительность этапов работ.....	77
5.3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	80
5.3.3 Расчет затрат на материалы и покупные изделия	81
5.3.4 Расчет заработной платы.....	83
5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию.....	84
5.3. 6 Расчет затрат на социальный налог	85
5.3.7 Расчет амортизационных расходов.....	85
5.3.8 Расчет прочих (накладных) расходов	86
5.3.9 Расчет общей себестоимости разработки.....	87
5.3.10 Оценка абсолютной эффективности исследования	88
5.3.11 Чистая текущая стоимость (NPV)	88
5.3.12 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	94
Заключение.....	97
Список литературы	98
Приложение A.Limb Prosthetics.....	100

Реферат

Дипломная работа 111 страниц, 27 рисунков, 24 таблицы, 1 приложение, 18 источников. Ключевые слова: протезирование, 3д-моделирование, ампутация конечностей, протезирование конечностей животных, съёмный протез, 3D-модель.

Объектом исследования являются ветеринарные приложения аддитивных технологий. Цель выпускной квалификационной работы состоит в решении актуальной задачи автоматизации прототипирования протезов ветеринарного назначения в среде Blender.

В результате работы проанализированы информационные источники, на их основании доказана актуальность использования временных протезов. Для программного обеспечения Blender было разработано утилитарное программное обеспечение, упрощающее создание протеза для животных. Проведены серии экспериментов, по результатам которых построен прототип протеза. Данная выпускная квалификационная работа была выполнена на персональном компьютере при использовании пакета Microsoft Office 2016, разработка программной части была проведена в Blender, также использовался Autodesk Inventor, текстовая часть выполнена в Microsoft Word, презентация в Microsoft Power Point.

Введение

Данная ВКР посвящена разработке утилитарного программного обеспечения для среды 3D моделирования Blender, благодаря которому заинтересованный пользователь ПК сможет создать съёмный протез конечности для животных.

3D-моделирование представляет собой процесс использования программного обеспечения для создания математического представления трехмерного объекта или формы. Созданный объект называется 3D-моделью, и такие трехмерные модели используются в различных отраслях.

В настоящее время активно развивается такое направление современных технологий, как 3D моделирование.

В кинопроизводстве, телевидении, видеоиграх, в архитектурной, строительной, научной и медицинской отраслях, а также при проектировании изделий 3D-модели используются для визуализации, моделирования и рендеринга графики.

В данной работе рассмотрено использование 3D моделирования в протезировании. Самым рациональным способом помощи человеку без конечностей является протезирование. С появлением 3D-принтеров протезирование обрело еще один вариант решения проблемы.

Первым этапом создается цифровая 3D- модель. Для примера рассмотрим стоматологию. На 3D-модели с помощью компьютерных вычислений в нужном месте и под нужным углом намечаются отверстия для имплантатов. Затем модель быстро печатается на 3D-принтере и используется в качестве навигационного шаблона, который как бы надевается сверху на челюсть пациента, и по направляющим отверстиям врач точно устанавливает имплантаты. При этом 3D-технологии позволяют не только повысить точность шаблона, но и сокращают временные и финансовые издержки на производство [1].

При производстве протезов конечностей работает аналогичный принцип — с помощью 3D-сканирования можно подогнать модель четко под параметры пациента. Сам протез можно отпечатать на 3D-принтере в среднем за 1-3 дня в зависимости от размера и технологии печати. При этом можно еще и разработать уникальный дизайн протеза, что легко сделать в цифровой 3D-модели.

Отличительным моментом для данной работы является то, что рассматривается протезирование для животных.

Цель выпускной квалификационной работы состоит в решении актуальной задачи автоматизации прототипирования протезов ветеринарного назначения в среде Blender.

Задачи выпускной работы:

- разработать утилитарное программное обеспечение;
- спроектировать временный протез конечности.

Актуальность работы.

В настоящее время в России протезирование поврежденных конечностей доступно только ограниченному числу владельцев домашних животных. Несмотря на то, что аддитивные технологии все более доступны, их применение в ветеринарии затруднено и требует специальных знаний. Разработка специализированных программных решений формы конечностей позволит сделать ортопедическую ветеринарию более доступной для широкого круга владельцев домашних животных.

1 Протезирование конечностей. Теоретические сведения

Протезирование является важным этапом в процессе социально-трудовой реабилитации человека, утратившего конечности или страдающего заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Многообразие видов и уровней ампутаций верхних и нижних конечностей, а также последствий заболеваний опорно-двигательного аппарата определяют весьма обширную номенклатуру протезно-ортопедических изделий. В настоящее время практически все уровни ампутаций конечностей виды поражений обеспечены средствами протезирования. Разработаны и выпускаются серийно узлы максимальной готовности, отдельные полуфабрикаты и унифицированные узлы, из которых собирают изделия на протезно-ортопедических предприятиях.

Качество протезирования зависит не только от степени совершенства отдельных узлов, но и от того, как они собраны в протезе. В практике протезирования широко используются схемы построения протезов, представляющие собой совокупности базовых параметров, определяющих взаимное расположение узлов всего протеза относительно опорно-двигательного аппарата протезируемого. В схемах построения протезов учитываются индивидуальные характеристики человека: масса, рост, уровень ампутации, половозрастные особенности. Отдельные параметры схемы заложены в конструкциях полуфабрикатов и узлов максимальной готовности. Следует отметить, что практически каждая схема сборки, реализованная в протезе, нуждается в корректировке во время примерок. Эта корректировка достигается путем использования съемных или встроенных котиловочных устройств.

1.1 Виды протезов для нижних конечностей

Протезы нижних конечностей у людей бывают нескольких типов:

- пассивные;
- активные.

Пассивные протезы являются исключительно опорой. Они предназначены для обучения человека двигаться без посторонней помощи.

Данные протезы созданы, чтобы человек научился двигаться после операции без помощи других людей. Также они представляют собой основу без покрытия и маскируются с помощью одежды.

Активные протезы для ног помогают человеку выполнять целый ряд движений. Такие аппараты оснащены специальными микропроцессорами. Сигналы, подаваемые здоровыми мышцами, регистрируются датчиками. После этого импульс передается на электродвижок, который приводит ногу в действие [2].

В мире постоянно проводятся работы по совершенствованию средств и методов протезирования. Разработаны и внедрены на протезно-ортопедических предприятиях методики подготовки к протезированию при различных поражениях опорно-двигательного аппарата человека, методики по назначению и пользованию протезно-ортопедическими изделиями, новые виды изделий. В нашей стране впервые в мире разработаны протезы верхних конечностей с биоэлектрическим управлением. Широкое распространение получили протезно-ортопедические изделия из пластмасс, обладающие высокими гигиеническими и другими эксплуатационными характеристиками.

1.2 Физиологические основы протезирования конечностей

Задачами физиологии в протезировании являются:

- 1) обеспечение конструкторов и врачей исходными физиологическими данными;
- 2) решение частных вопросов, возникающих при разработке протезов, методов подготовки инвалидов к протезированию и обучения их пользованию протезами;

3) разработка физиологических методов и критериев для функциональной оценки конструкции протезов и их отдельных узлов;

4) разработка методов и критериев функциональной оценки результатов протезирования, т. е. его качества.

Качество протезирования определяется тем, в какой мере инвалиды могут с помощью протеза осуществить функции, утраченные вследствие ампутации конечности. Объективная оценка степени функциональной реабилитации требует сравнения с выполнением этой функции здоровым человеком. При сравнении функциональной организации нормальных двигательных актов и их аналогов при пользовании протезами важно, чтобы исследования в обоих случаях проводились в одинаковых методических условиях. Это дает возможность провести не только качественное, но и количественное сравнение по ряду функционально значимых показателей. В тех же методических условиях можно сравнивать и функциональные качества протезов различной конструкции.

При разработке физиологических основ протезирования, а также при создании новых конструкций протезов и методов подготовки инвалидов к протезированию и обучения пользованию протезами необходимо учитывать следующее:

1. В основе реализации любого двигательного акта лежат рефлекторные механизмы. Это положение, установленное еще И. М. Сеченовым, детально разработано современными нейрофизиологами.

2. Выработка, перестройка и совершенствование любого двигательного навыка основаны на условно-рефлекторных механизмах. Это положение, установленное И. П. Павловым и разработанное его последователями, распространяется на процесс выработки компенсаторных приспособлений при нарушениях двигательной функции и на процесс выработки навыка управления протезом.

3. С помощью точных электрофизиологических экспериментов детально изучен ряд нейрофизиологических рефлекторных механизмов управления

движениями на спинальном уровне, использующих, в частности, рефлекторные системы самой мышцы. Наряду со спинальными рефлексам в управлении движениями участвуют рефлекторные акты, осуществляемые через более высокие (супраспинальные) уровни нервной системы (например, статические и статокинетические рефлексы с шейных и вестибулярных рецепторных аппаратов, сложные рефлексы с участием подкорковых структур головного мозга, а также мозжечка, наконец, двигательные условные рефлексы и произвольные влияния с коры головного мозга). Ни один из рефлексов сам по себе не определяет ни хода, ни тем более конечного результата движения, которое формируется в процессе их сложного взаимодействия и борьбы. При выполнении движения одни рефлексы проявляют себя в полной мере или частично, другие, напротив, затормаживаются.

4. Выбор рефлекторных механизмов, участвующих в реализации двигательного акта, обусловлен биомеханической необходимостью. В каждый данный момент включаются те рефлекторные системы, которые нужны движению. Эта биомеханически целесообразная структура движения может быть не predetermined, а вырабатываться в процессе формирования каждого нового двигательного навыка, в том числе навыка управления протезом. Отбор рефлекторных механизмов происходит в процессе выработки и реализации соответствующих навыков на основе результатов движения и отдельных его элементов, играющих роль «поощрений и штрафов» или положительных и отрицательных подкреплений.

5. Многоуровневая система управления движениями, по-видимому, допускает возможность управления рефлекторными системами низших уровней (в частности, спинального) не непосредственно, а путем изменения системы взаимодействия между элементами низшего уровня.

6. Поскольку тело человека и даже отдельная конечность представляют собой многозвенную механическую систему с большим числом степеней подвижности, управление двигательными актами является чрезвычайно

сложной задачей. Она становится разрешимой только благодаря иерархической (многоуровневой) системе управления и непрерывной сенсорной коррекции в процессе реализации каждого конкретного двигательного акта.

7. При управлении движениями реализуется центральная иннервационная программа, врожденная или сформировавшаяся в процессе выработки двигательного навыка. При реализации центральной иннервационной программы используется принцип формирования синергий, т. е. объединений «центров» мышц и суставов в небольшое число связанных групп, различных для разных типов движений. Отклонения реального хода движения от соответствующего программе, вызванные вмешательством внешних и реактивных сил, исправляются с помощью механизма сенсорных коррекций.

1.3 Классификация протезно-ортопедических изделий

Протезно-ортопедические изделия подразделяются на *группы*: протезы, ортопедические аппараты, корсеты, тьюторы и др. Следующим шагом они разделяются на подгруппы (для верхних и нижних конечностей).

Также протезы классифицируются по их функциональности и способам управления. С классификацией протезно-ортопедических изделий можно ознакомиться в литературе [2].

По функциональности протезно-ортопедические изделия подразделяются на косметические (протезы верхних конечностей), функционально-косметические и функциональные. Косметические протезы восполняют косметический дефект инвалида, функционально-косметические наряду с этим могут выполнять отдельные функции и функциональные протезы кроме сказанного выполняют основные функции определенной конечности человека. В функциональных протезах с внешними источниками энергии используются электрические и пневматические аккумуляторы.

Исполнительными механизмами в них являются, например, электромеханические приводы. Управление протезами бывает мышечное — путем передачи усилия, развиваемого мышцами; посредством тяг на звенья протеза (и протезах верхних конечностей), путем непосредственного воздействия культ на протез (в протезах нижних конечностей при ходьбе). При биоэлектрическом управлении используется биоэлектрическая компонента мышечной активности, при миотоническом управлении боковой мышечный толчок (механическое воздействие на элемент управления), при контактном управлении — воздействие по элемент управления (например, переключатель) любой выступающей части тела, при комбинированном управлении — комбинация двух и более перечисленных способов управления.

1.4 Рациональное протезирование Основные биомеханические предпосылки

Протез или ортопедический аппарат относится к классу устройств, взаимодействующих с опорно-двигательным аппаратом человека. Их назначение — выполнить функции опоры и передвижения. Кажущаяся простота протеза или аппарата исчезает, если рассматривать их с позиций восполнения указанных функций и не в отрыве от человека, а во взаимодействии с ним.

Ходьба — сложный физиологический процесс, связанный с большими перегрузками. Поэтому процедура протезирования должна учитывать все факторы и уменьшать затраты сил на ходьбу. Это основное правило, учитываемое при конструировании протеза.

Уменьшение кинематической и динамической асимметрии.

Ампутация или паралич конечности влияет на положение центра масс тела, величины моментов инерции и вызывает асимметрию ходьбы. Инвалид тем более удовлетворен протезом или ортопедическим аппаратом, чем меньше асимметрия ходьбы. Однако речь идет не только об эстетической или

психологической удовлетворенности, по о таком построении протеза или ортопедического аппарата, при котором ходьба вызывала бы минимальную кинематическую и динамическую асимметрию между движениями сохранившейся и протезированной конечностей.

Рациональное распределение масс в протезе и ортопедическом аппарате. Протез, масса которого была бы равна массе ампутированной части конечности, не отвечает требованиям минимизации энерготрат при ходьбе. Однако, как показали исследования, слишком легкий протез существенно ухудшает симметрию движений, затрудняет вынос протеза вперед (например, в ветреную погоду) и т. д. С помощью методов биомеханики рациональное распределение масс в протезе получается при удовлетворении требования о тождественности движений сохранившейся и протезированной конечностей.

Пример. Пусть масса человека 75 кг, расстояние колено — пол 52 см, масса обуви — 0,4 кг. Если у человека культя голени на границе нижней и средней трети, то масса комплексного звена $75 - 0,02 = 1,5$ (кг), масса гильзы голени со стопой $1,5 - 0,4 = 1,1$ (кг). Положение центра массы от оси коленного шарнира для звена голень — стопа — обувь: $0,78 \cdot 52 = 40,5$ (см).

Если бы уровень ампутации соответствовал половине бедра, то масса звена голень — стопа — обувь будет такой же (1,5 кг и без обуви 1,1 кг), но положение центра масс должно быть несколько выше, т. е. $0,57 \cdot 52 = 30$ (см).

Опыт показал, что использование современных трубчатых конструкций узлов колено — голень, пластмассовых гильз и стоп с центральным буфером позволяет строить протезы голени для культей от границы нижней и средней трети и короче и для культей бедра от половины бедра и длиннее при массе человека от 60 кг и более с соблюдением рационального распределения масс. Для длинной культы голени по Пирогову, а также для культы бедра короткой и на границе верхней и средней трети нужны узлы с меньшей массой.

Если масса комплексного звена голень — стопа — обувь оказывается меньше расчетной, т. е. не соответствует приведенным данным, легко добиться рационального распределения масс с помощью балансирования.

Балансирование заключается в том, что на задней поверхности голени, в строго расчетном месте, укрепляют балластный груз, масса которого составляет разность расчетной и фактической масс комплексного звена,

Балансированию подвергают протез, предварительно разобранный в коленном шарнире. Для определения массы балансирующего груза и места его установки необходим простой прибор, схема которого изображена на рис. II. На приборе можно не только взвесить сегмент протеза, но и определить его статический момент. По исходной информации о человеке (масса, рост, уровень ампутации) определяют расчетные массу и статический момент балансируемого сегмента протеза.

Наблюдения за больными показывают, что при пользовании протезами бедра с рационально распределенной массой заметно уменьшаются перегрузки и асимметрия движения. Этим требованиям удовлетворяют протезы голени с глубокой посадкой без гильзы бедра (их параметры, как правило, близки к расчетной массе и положению центра масс). Ходьба в таких протезах также характеризуется значительно меньшей утомляемостью. При достаточном навыке пользования данными можно с большей осмотрительностью подходить к назначению типа протеза, учитывая массу человека и уровень ампутации.

1.5 Строение протеза

Протезы – это сложные современные конструкции, которые позволяют восстановить опорно-двигательную активность и убрать психологический дискомфорт после ампутации. Они состоят из нескольких элементов, количество которых зависит от модели:

- приемной гильзы;
- модульных элементов;
- вспомогательных элементов;
- стопы.

[Протез стопы включает в себя два элемента – это приемная гильза и муляж стопы. Такая конструкция изготавливается около трех, а при изготовлении протеза бедра – около четырех недель. Протез с модульным механизмом состоит из приемной гильзы, которая крепится к уцелевшей части конечности, вкладыша, шарнирного механизма, несущего механизма и стопы. Стандартная приемная гильза сделана из акриловой смолы.

Анатомическая гильза сделана из акриловой смолы с добавлением углеволокна, на ней мягкий полиэтиленовый вкладыш, который используется при протезировании бедра. К культе современные протезы крепят при помощи эластичного биндажа или чехла. Если гильза вакуумная, то из нее выкачивают воздух, после чего прикрепляют к культе. Важно, чтобы крепление было выполнено из прочных натуральных материалов] [3].

Теоретические данные о протезировании являются базисом для практической работы. За основу съёмного протеза для животных взят первичный человеческий протез из медицинской литературы [2].

2 3D – моделирование. ПО Blender

Неотъемлемой частью данной выпускной работы являются элементы 3D-моделирования

.3D-моделирование – это процесс создания математического представления трехмерного объекта или формы с использованием программного обеспечения. Результат данного процесса называется 3D-моделью и применяется в различных сферах.

Основное назначение 3D файла - хранить информацию о 3D модели в виде обычного текстового или бинарного файла. По сути они кодируют информацию о геометрии, внешнем виде, сцене и анимации 3D модели.

Геометрия модели описывает ее форму. Внешний вид включает в себя цвета, текстуры, материал и т.п. Под сценой подразумевается расположение источников освещения, камер и периферийных объектов. Ну и анимация характеризует перемещения 3D модели.

Однако не все форматы 3D файлов хранят всю эту информацию. Например, STL формат хранит только информацию о геометрии и игнорирует остальные данные. С другой стороны, COLLADA сохраняет все эти данные.

STL и COLLADA - это всего лишь два из множества форматов, которые используются на практике. На сегодняшний день существует более 100 форматов 3D файлов!

Два самых популярных универсальных формата - это STL (расширение .STL) и COLLADA (расширение .DAE). Они очень широко используются для обмена данными о 3D моделях между CAD программами. Если вы хотите поделиться своей 3D моделью, вы можете конвертировать DWG файл в формат COLLADA - этот процесс называется "экспорт". Ваш друг берет этот COLLADA файл и импортирует его в Blender, где COLLADA файл конвертируется в "родной" формат BLEND. Таким образом, вы можете использовать разные CAD программы и при этом обмениваться данными.

Собственные и универсальные форматы - это основная вилка в мире форматов 3D файлов. На сегодняшний день в большинстве софтов для 3D моделирования есть возможность чтения и записи популярных универсальных форматов.

Blender-это бесплатный набор инструментов для 3D - компьютерной графики с открытым исходным кодом, используемый для создания анимационных фильмов, визуальных эффектов, искусства, 3D-печатных моделей, интерактивных 3D-приложений и видеоигр. Особенности Blender включают 3D-моделирование, УФ-разворачивание, текстурирование, редактирование растровой графики, такелаж и снятие кожи, моделирование жидкости и дыма, моделирование частиц, моделирование мягкого тела, скульптуру, анимацию, перемещение, рендеринг, графику движения, редактирование видео и композитинг.

Среди его возможностей:

- поддержка разнообразных геометрических примитивов, включая полигональные сетки, быстрый подразделение поверхностное моделирование, кривые Безье, поверхности NURBS, шары, icospheres, мульти-РЭС цифровой лепки (включая динамические топологии), контурный шрифт, и создание N-угольников, моделирование системы под названием Б-сетка.
- Внутренний движок рендеринга с рендерингом scanline, косвенным освещением и окклюзией окружающей среды, который можно экспортировать в самых разных форматах.
- Механизм рендеринга pathtracer называется циклами, которые могут использовать преимущества GPU для рендеринга. Cycles поддерживает открытый язык затенения с Blender 2.65.
- Интеграция с рядом внешних движков рендеринга через утилитарное программное обеспечение.
- Ключевые инструменты анимации, включая обратную кинематику, арматуру (скелетные), крюк, кривые и решетки на основе

деформаций, анимация формы, нелинейная анимация, ограничения и вершинное взвешивание.

- Инструменты имитации для мягкой динамики тела включая обнаружение столкновения сетки, динамику жидкости LBM, имитацию дыма, динамику твердого тела пули, генератор океана с волнами.
- Система частиц, которая включает в себя поддержку волос на основе частиц.
- Модификаторы для применения неразрушающего воздействия.
- Скрипты Python для создания и прототипирования инструментов, игровой логики, импорта / экспорта из других форматов, автоматизации задач и пользовательских инструментов.
- Основное нелинейное видео / аудио редактирование.
- Полностью интегрированный композитор на основе узлов в конвейере рендеринга, ускоренный с помощью OpenCL.
- Процессуальные и узлов на основе текстур, а также текстур, проективное рисование, вершина живопись, живопись вес и динамические картины.

Данная работа была разработана в программном обеспечении Blender. Ключевое значение имеют STL файлы, которые распечатываются на файлы, которые распечатываются на 3D оборудовании.

3 Протезирование конечностей животных

3.1 Ветеринарные услуги по протезированию в России

На текущий момент в России существует всего несколько вариантов помощи больным животным.

Самым эффективным является протезирование с использованием титанового имплантата.

Данная методика применяется в Новосибирске. Она представляет собой вживление индивидуального протеза в конечность пациента с его дальнейшим сращением с костью и кожей (рисунок 3.1). Благодаря уникальному составу и специально разработанному покрытию, протез не отторгается, не беспокоит животное и при полном приживлении является естественным продолжением лапы. Врастая, протезы становятся "частью организма" пациента, позволяя полноценно использовать утраченную конечность. Животные могут играть, прыгать, а за счет того, что имплантат дополняется внешней 3D копией здоровых конечностей, прикрепленные лапы внешне становятся не отличимы от здоровой. Такой комплексной технологии, создания внутренних и внешне-адаптированных под здоровую конечность лап, нет ни в одной ветеринарной клинике в мире.

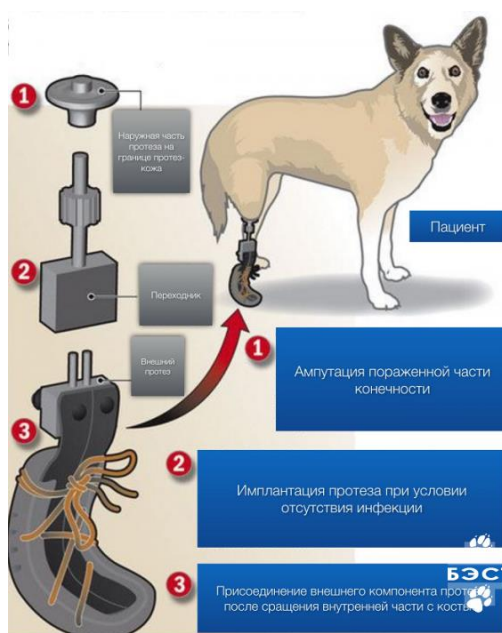


Рисунок. 3.1 Общая схема протезирования конечностей [7].

В каких случаях это может помочь?

- При травмах собакам и кошкам с травматическим повреждением / ампутацией передних, задних или всех 4-х лап ниже запястного сустава или на уровне запястья, а также ниже скакательного сустава и на уровне пальцев на задней конечности. Лучшими кандидатами для такой операции могут являться животные, потерявшие 2 передние или 2 задние конечности.
- При опухоли костей и мягких тканей нижней части конечностей. Также данную операцию возможно выполнить у животных с опухолевыми поражениями в области фаланг пальцев, запястья, пясти на передних и задних конечностях.
- При врожденной деформации конечностей. Данная операция может также помочь животным с врожденными аномалиями и деформациями костей нижней части конечности [7].

Следующими по эффективности в моем списке идут ветеринарная клиника в Москве (Ветмир). Они восстанавливают суставы животных, спасая от ампутации [8].

Также важно отметить одного русского врача. Вместо усыпления больных животных, врач Александр Стариков «возвращает» им утраченные конечности. У него лечили собаку от какой-то инфекции, поставили четвероногому катетеры. А вскоре начался процесс отмирания тканей. На одной из лап даже отсохли кончики пальцев, что и побудило к кардинальным действиям. Хозяин пса очень расстроился и хотел усыпить, однако ветеринар взялся убеждать его попробовать невероятное – протезирование. Он понимал, что идет на огромный риск, поскольку последствия внедрения инородного тела в организм животного могли быть непредсказуемыми. После долгих колебаний владельца собаки Александр приступил к делу. Технологию изготовления применил ту же, что используют при создании зубных протезов. После удаления больных костей, в здоровые всверливал шурупы, на которые приделывалась акриловая конструкция. Вместо формы врач взял медицинский шприц. Собачке было всего семь месяцев, поэтому организм хорошо принял

протез. Сейчас собака выросла, поэтому придется изготавливать искусственные лапы большего размера. Врач рассказывает, что делать протезы не только возможно, но и нужно. Однако, самой большой проблемой являются не болезни животных, а нежелание хозяев их лечить. Александр Стариков признается, что обычно хозяева просят усыпить серьезно больных любимцев. По его мнению, даже если собака или кот по каким-то причинам потерял лапу, не стоит сразу умерщвлять животное. Если нет средств сделать протез, животное может полноценно существовать и на трех лапах. Ветеринару постоянно приходится убеждать людей не отнимать жизнь у домашних друзей, а стараться использовать один шанс из ста, чтобы спасти их [9].

Следующим блоком является использование технологии съёмных протезов.

Наиболее развито в Киеве.

Frakishtak- фирма, специализирующаяся на инвалидных колясках, средствах реабилитации, аксессуарах и других товаров для животных с особыми потребностями (г. Киев). Данная компания предлагает широкий спектр товаров, которые помогут облегчить уход за животным во время реабилитационного периода, а также пожизненный уход животных с особыми потребностями.

Многолетний опыт содержания собак-инвалидов помог разработать наиболее удобную и комфортную инвалидную коляску, и набор других средств для ухода и содержания животных-инвалидов. Они облегчают и упрощают жизнь как животному, так и его хозяину [10].

Протезный завод в Екатеринбурге поставил эксперимент. Раньше предприятие выпускало протезы, поддерживающие устройства, костыли, ходунки и инвалидные коляски исключительно для людей.

А теперь пробует запустить производство и для животных (рисунок 3.2). Первые несколько собак уже смогли снова встать на лапы с помощью протезов от уральских мастеров [11].

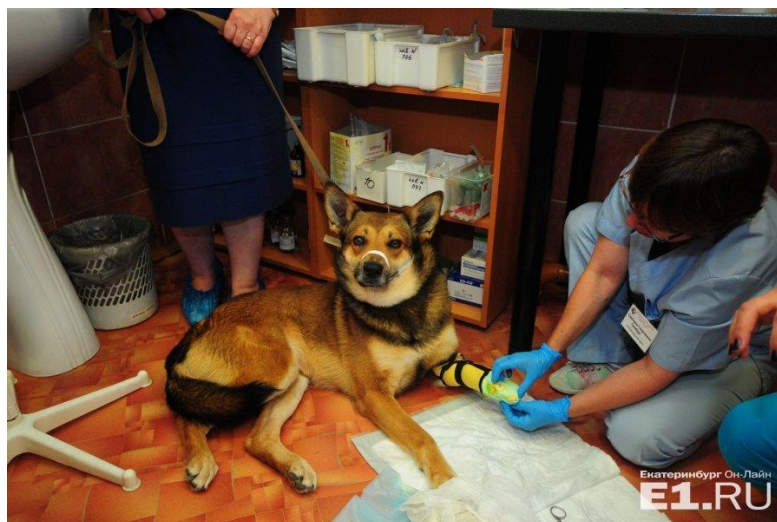


Рисунок 3.2 Собака со съёмным протезом в Екатеринбурге [11]

В г. Севастополь частный цех по производству ортопедических изделий в индивидуальном порядке может изготовить протез для животных [12].

Больше на просторах русского интернета нет сведений о протезах конечностей животных.

3.2 Актуальность использования съёмного протеза

Потеря конечности для любого живого существа большой стресс. Для животных в природе это равносильно смерти. Нашим домашним любимцам повезло больше – мы оказываем им помощь. На человеческие плечи ложится выбор: операция или другой выбор.

Протез или протезный имплантат [2] [3] - это искусственное устройство, которое заменяет отсутствующую часть тела, которая может быть потеряна из-за травмы, болезни или состояния, присутствующего при рождении (врожденное расстройство). Протезы предназначены для восстановления нормальных функций отсутствующей части тела.

Помощь, оказываемая в Новосибирске, хороша своей надежностью и удобством. Но также стоит не забывать и про иные меры.

Мы дорожим нашими домашними животными и, как ответственные и сострадательные владельцы домашних животных, мы сделаем все возможное, чтобы позволить им продолжать жить в полной мере. Перед лицом несчастных

случаев, старости, генетики или даже врожденных дефектов есть возможности управлять дискомфортом или болью нашей собаки. Протезирование животных и ортопедические решения могут повысить качество жизни людей и их домашних животных (Приложение А) Вот пять основных преимуществ протезирования для животных (рисунок 3.3).

1. Альтернатива хирургии

Операции болезненны, инвазивны и могут потребовать большого количества времени восстановления. Как бы мы ни любили нашего семейного щенка, операция иногда может быть просто вне досягаемости. Собачьи ортезы предлагают идеальное решение и могут помочь избежать или предотвратить как мелкие, так и крупные операции. Если операция абсолютно неизбежна, ортезы также можно использовать после операции, чтобы помочь с более быстрым заживлением и предотвратить повторную травму.

2. Рентабельный

Возможность избежать дорогостоящих операций, более тяжелых травм и альтернативных методов лечения делает протезирование и ортезы долгосрочным и экономически эффективным решением. Игнорируя проблемы с подвижностью или дискомфорт, который испытывает собака сейчас, человек может настроить их на более дорогую и более сложную травму позже.

3. Прочный & точная подгонка

Когда вы инвестируете в первоклассного лицензированного протезиста или ортопеда, вы знаете, что получаете высококачественные материалы и технологии, чтобы противостоять всему, что собака может бросить на них. Еще лучше, они могут работать вместе с вами и вашим ветеринаром, чтобы гарантировать, что новый бандаж или протез отвечает всем их функциональным и терапевтическим потребностям.

4. Обеспечивает поддержку и повышенную мобильность

Собаки с отсутствующими конечностями, артритом, суставными отклонениями или другими травмами, или дискомфортом могут иметь повышенные проблемы с передвижением. Это может сделать простые

действия, такие как ходьба или прыжки на диван, невозможными. Протезирование и брекеты минимизируют дискомфорт, обеспечивают поддержку и стабильность, повышают подвижность и предотвращают дальнейший стресс.

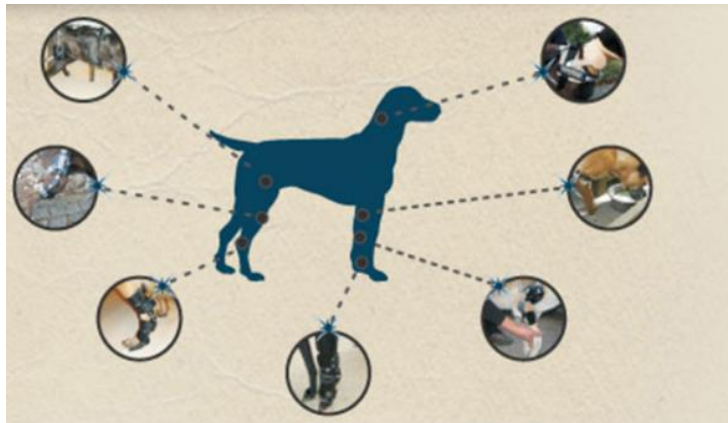


Рисунок 3.3 Обзор протезов

5. Способствует счастливой и здоровой жизни

Предоставление собаке их уникального протезного или ортопедического решения - это больше, чем просто исцеление и мобильность. Это предоставление щенку качества жизни, которого они заслуживают. С помощью ортеза или протеза собака может жить счастливым и здоровым образом жизни со всеми бегом, прыжками и игрой, которые они хотят. Травмы или проблемы могут оказывать психическое воздействие на собак, и это помогает создать естественное, нормальное чувство жизни.

Собаки больше, чем просто домашние животные; они являются частью семьи и заслуживают абсолютного лучшего ухода, который мы можем предложить.

Съёмный протез должен обеспечивать удобное и безопасное движение. Так как проблемой животных начали заниматься не очень давно, то прототипом работы стали человеческие протезы.

Протезирование конечностей-уникальный продукт. Так же, как зубные протезы или очки покупаются, протезы конечностей сначала назначаются врачом, обычно после консультации с ампутированными частями, протезистом и физиотерапевтом. Затем врач устанавливает протез пациента на

поврежденную конечность. Хотя некоторые детали-такие как розетка-изготавливаются на заказ, детали нижней конечности (ножки, пилонь) изготавливаются на заводе, отправляются на протез и собираются на месте протеза в соответствии с потребностями пациента. На нескольких конечностях предметы сделаны на заказ от начала до конца.

Измерение и отливка

1 Ортопед создает максимально удобный, поэтому он должен быть как можно ближе к поверхности. Точность и внимание к деталям важны при изготовлении протезов конечностей. Перед началом работ по изготовлению протеза конечности оценивает ампутированную и производит оттиск или цифровое считывание остаточной конечности.

2 Затем он измеряет длину соответствующих сегментов тела и определяет расположение костей и сухожилий в остальной части конечности. Используя отпечаток и измерения, врач делает гипсовый слепок культи. Чаще всего он изготовлен из гипса, потому что быстро сохнет и дает детальный вид. Положительная модель создается из гипсовых слепков-точной копии-культи [3].

Изготовление гнезда

3 В этом процессе, нагретый лист просто положен над верхней частью прессформы в камеру вакуума. При необходимости, лист снова нагревают. Этот термопластиковый лист теперь тесто гнезда; он прозрачен так, что врач сможет проверить пригонку.

4 Прежде чем сделать постоянную розетку, врач работает с пациентом, чтобы убедиться, что тестовая розетка подходит правильно. При отсутствии ног пациент ходит во время ношения тестового гнезда, а протезист осматривает походку. Пациента также просят объяснить, как чувствует себя припадок; комфорт приходит первым. Гнездо теста после этого отрегулировано согласно терпеливому входному сигналу и повторено. Потому что материал, из которого гнездо сделано, термопластиковый. его можно согреть для того чтобы сделать небольшие регулировки в форме. Пациент

также может быть оснащен более толстыми носками для более удобной посадки.

5 Постоянное гнездо. В виду того что оно обычно сделано из полипропилена, его можно сформировать над прессформой в такой же форме, как и временное гнездо теста. Обычно культя сжимается после операции, стабилизируется примерно через год. Таким образом, розетка обычно заменяется в это время, когда анатомические изменения требуют изменений.

3.3 Построение протеза для конечности

За основу практической части был взят случай из Китая. На 18-ой ежегодной Pet Fair Asia, международной торговой ярмарки для домашних животных, внимание было приковано к молодому аляскинскому маламуту Його (рисунок 3.4). Взмолнованный и счастливый, Його вроде бы ничем не отличался от остальных собак, кроме одной детали - вместо одной лапы у него был протез, напечатанный на 3D-принтере. Його страдает от врожденной атрофии передней правой лапы, и до того, как ему был установлен специальный протез, он совершенно не мог ходить. С его рождения хозяйка пыталась найти решение проблемы для любимого питомца, но не достигла большого успеха, больницы в Китае не способны обеспечить индивидуальными протезами домашних животных.



Рисунок 3.4 Щенок со съёмным протезом

Далее она случайно наткнулась на новость о недавно созданном благотворительном фонде от организаторов TCT и Pet Fair Asia в помощь питомцам, которые не могут ходить. К сожалению, достаточно много собак и кошек страдают от перенесенных травм и врожденных нарушений или и вовсе брошены хозяевами из-за дорогостоящих медицинских услуг для животных. Благотворительная организация надеется дать надежду на наличие альтернативного решения для питомцев и их хозяев, оказавшихся в такой печальной ситуации. Чтобы реализовать это, они объединились с Shining 3D, производственной компанией, находящейся в Ханчжоу (рисунок 3.5). Вместе, используя технологии 3D-сканирования и 3D-печати, они могут дать животным-инвалидам шанс на специализированное протезирование и возможность снова передвигаться самостоятельно.

Основным преимуществом использования произведенных с помощью 3D-печати протезов, является большой потенциал для индивидуальной настройки, которая обеспечит наилучшее соответствие модели конкретному животному, и, соответственно, сделает реабилитацию проще и быстрее.



Рисунок 3.5 Изготовление протеза

Хозяйка Його связалась с представителями благотворительной организации и в течении недели уже получила хорошие новости - дело Його

было принято. Вскоре работа началась с подгонки новой лапы для него. Техник из Shining 3D взялся за 3D-сканирование лапы Його и на базе этих данных система автоматизированного проектирования смогла смоделировать протез, способный заменить щенку атрофированную ногу. Из-за сложности дела Його, дизайнерам пришлось сделать четыре различные модели, после нескольких попыток, регулирования и многочисленных поправок, идеально подходящая щенку 3D-лапа была готова (рисунок 3.6).

Опыт Його - первый пример напечатанного 3D-протеза для животных в Китае, и смотря на радостного и энергичного Його на Pet Fair Asia, можно сказать точно, что его счастливое возвращение к полноценной жизни послужит примером для дальнейших разработок в этой области.

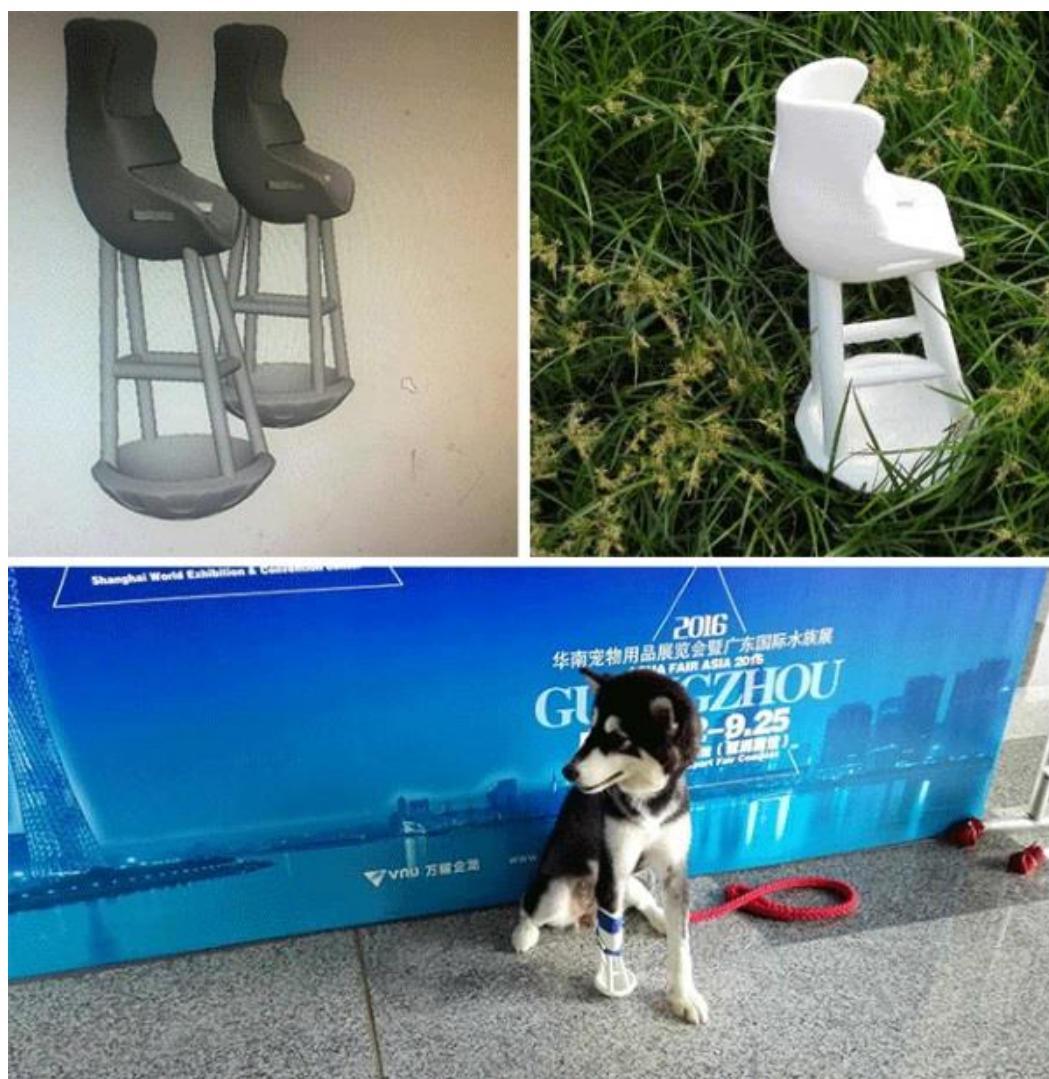


Рисунок 3.6 Фото с выставки помощи животным

По такому принципу построим и протез для животных.

Для автоматизированного создания протеза использовалась программа Blender.

Построение состоит из двух частей.

1. Создание Mesh-объекта. Меши являются одной из разновидностей объектов Blender. Их также называют сетками или полисетками. Они выполняют функцию трехмерных геометрических примитивов, изменяя которые с помощью базовых трансформации и других модификаторов, создают другие формы. Blender содержит десять предустановленных mesh-объектов: отя плоскость (plane), круг (circle) и сетка (grid) двумерны, в режиме редактирования их можно сделать трехмерными. Плоскость отличается от сетки тем, что первая состоит из одной грани, а вторая – из множества. Различие между UV-сферой и Ico-сферой заключается в форме составляющих их граней. В первом случае это четырехугольники, уменьшающиеся от экватора к полюсам, во втором – одинаковые треугольники.

Обезьянку нельзя назвать геометрическим примитивом. Нередко ее используют для проверки материалов, текстур и другого, когда ваши собственные объекты еще не готовы или их не хочется портить.

Один из способов добавить mesh-объект на сцену – нажать комбинацию Shift+A в ее пределах. Откроется всплывающее меню добавления объектов. Такое меню показано на изображении выше. Другие пути добавления объектов – через полку инструментов и заголовок 3D View. В меню заголовка надо выбрать пункт Add (Добавить). На полке инструментов (T) кнопки добавления объектов находятся во вкладке Create (Создать).

Изменение размера протеза

Размеры протеза можно изменить с помощью масштаба. Для этого нужно воспользоваться «горячими клавишами»:

S > Shift + X – масштаб по осям Y и Z

S > Shift + Y – масштаб по осям X и Z

S > Shift + Z – масштаб по осям X и Y

Размер выемки для культи изменить с помощью Alt+E, затем в появившемся меню выбрать Individual Faces – выдавить индивидуально и отредактировать глубину данного объекта (рисунок 3.7 и 3.8).

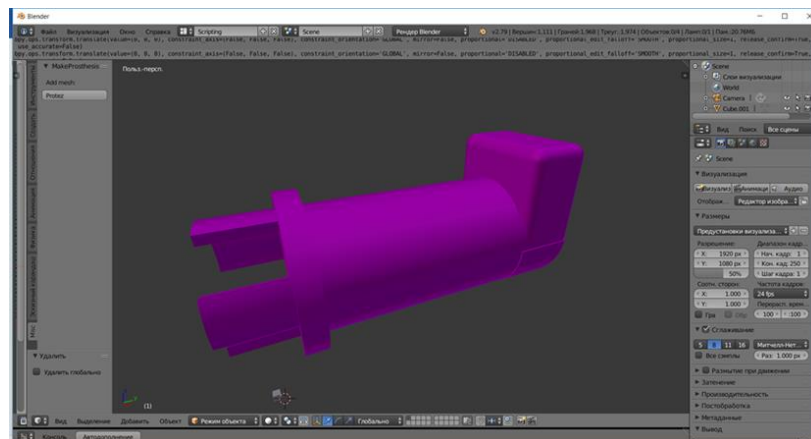


Рисунок 3.7 Создание протеза для передней конечности в блендер с помощью скрипта.

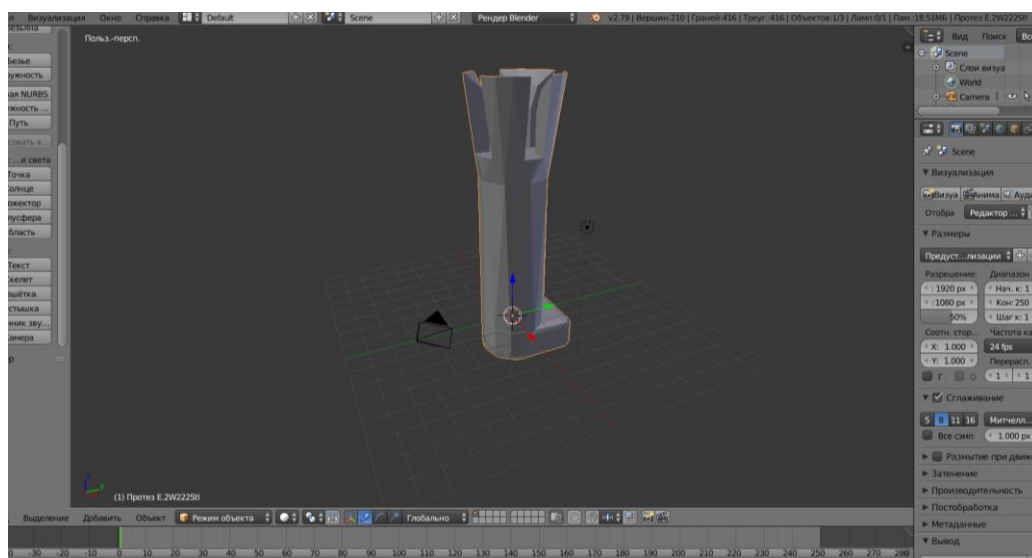


Рисунок 3.8 Деталь для задней конечности.

Далее распечатываем полученный stl-файл на 3 D принтере. При распечатке использовался экологичный пластик. Состав пластика PLA-пластик (полилактид, ПЛА) - является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным алифатическим полиэфиром, структурная единица которого - молочная кислота. ПЛА-пластик производят из кукурузы или сахарного тростника. Полученные результаты на рисунках 3.9 и 3.10



Рисунок 3.9 Полученная деталь. Вид А.



Рисунок 3.10. Полученная деталь. Вид Б

Для крепления протеза лучше использовать самоклеящийся бинт. Он будет обеспечивать мягкость и безопасность культе, а также надежно зафиксирует протез.

Чтобы защитить протез от попыток снять, я сшила джинсы для животного. Одна часть одевается на здоровую ногу. Вторая защищает протез. На нем имеется специальный выступ, за который крепится край штанины. Под

ней протез зафиксирован самофокусирующимся бинтом. Закрепляются они на спинке.



Рисунок 3.11. Защита для протеза.

3.4 Создание аддона для удобного меню

В программном обеспечении Blender возможно создание собственной панели. Ее создание изображено на рисунке 3.12 С помощью кода создаем кнопки и привязываем создание 3D объекта. Масштаб изменяется с помощью горячих клавиш Ctrl+A+Scale.

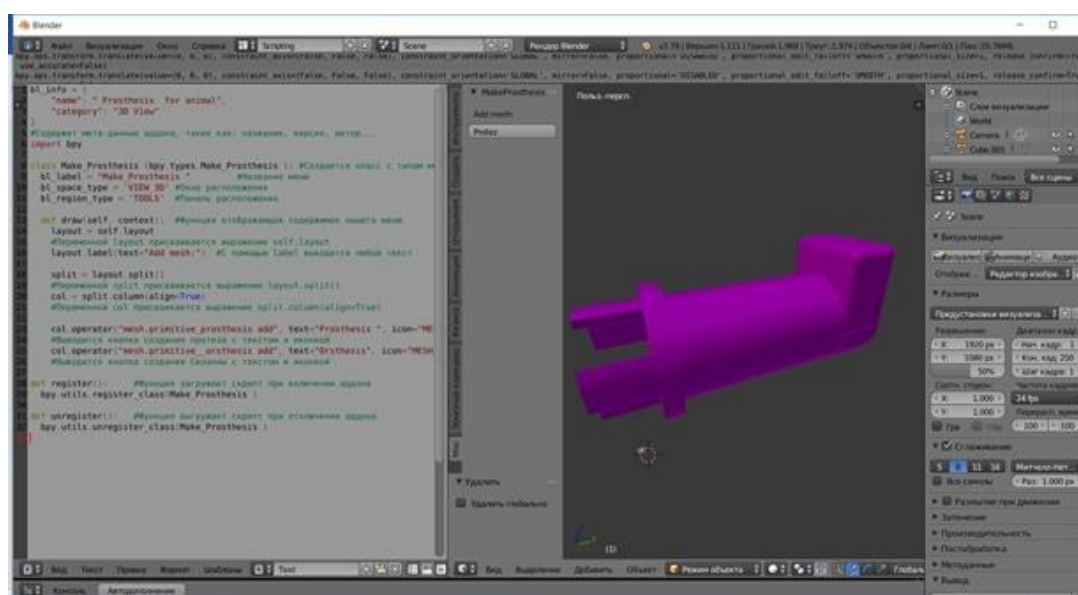


Рисунок 3.12 Добавление нужного пункта меню в интерфейс программы.

Листинг программы

```
bl_info = {  
    "name": " Prosthesis  for animal",  
    "category": "3D View"  
}  
#Содержит мета-данные аддона, такие как: название, версия, автор...  
import bpy  
  
class Make_Prosthesis (bpy.types.Make_Prosthesis ): #Создается класс с  
типом меню Panel  
    bl_label = "Make_Prosthesis "          #Название меню  
    bl_space_type = 'VIEW_3D' #Окно расположения  
    bl_region_type = 'TOOLS'   #Панель расположения  
  
    def draw(self, context): #Функция отображающая содержимое нашего  
меню  
        layout = self.layout  
        #Переменной layout присваивается выражение self.layout  
        layout.label(text="Add mesh:")    #С помощью label выводится любой  
текст  
  
        split = layout.split()  
        #Переменной split присваивается выражение layout.split()  
        col = split.column(align=True)  
        #Переменной col присваивается выражение split.column(align=True)  
  
        col.operator("mesh.primitive_prosthesis  add",   text="Prosthesis  ",  
icon="MESH_PROSTHESIS ")  
        #Выводится кнопка создания протеза с текстом и иконкой
```

```
col.operator("mesh.primitive__orstthesis    add",    text="Orstthesis",
icon="MESH_ORSTHESIS")

#Выводится кнопка создания Сюзанны с текстом и иконкой

def register():    #Функция загружает скрипт при включении
аддона

bpy.utils.register_class(Make_Prosthesis )

def unregister():    #Функция выгружает скрипт при отключении аддона
bpy.utils.unregister_class(Make_Prosthesis )
```

Установка аддона.

1. Открыть Blender
2. Любое из окон переключить в User Preferences (рисунок 3.13)
1. Выбрать вкладку Addons (Рисунок 3.14)



Рисунок 3.13 Окно User Preferences — вкладка Add-ons

4. Нажать кнопку Install From File..., выбрать скачанный архив (или отдельный файл *.py) и нажать Install From File.

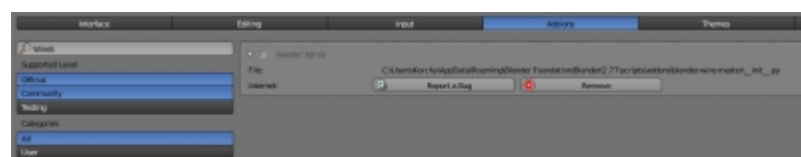


Рисунок 3.14 Установленный аддон

5. Аддон подключен в Blender, но не активирован. Для использования возможностей аддона его надо активировать — нажать на чекбокс рядом с названием аддона (рисунок 3.15).

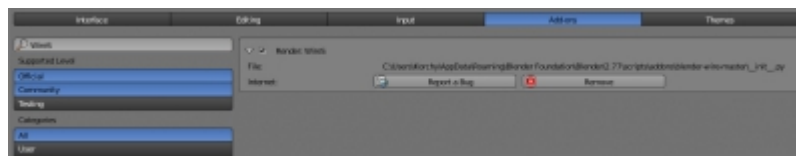


Рисунок 3.15 Активированный аддон

6. При следующем запуске Blender аддон останется инсталлированным в программу, но для использования его нужно активировать снова. Чтобы аддон всегда оставался активированным, после его активации нажать на кнопку Save User Settings в меню окна User Preferences.

3.5 Рекомендации по уходу за культей

Как и на здоровой стопе и ноге, чулки на ампутационной культе должны одновременно выполнять различные задачи. Они служат промежуточной прокладкой между кожей и обувью, защищают культю от перегрева и охлаждения и впитывают, кроме того, влагу кожи.

При обеспечении тесного контакта между культей и гильзой протеза необходимо обращать внимание на безупречную контурную форму. Складки могут привести к образованию пролежней, эластичные края — к перетяжкам.

На культе стопы плохо подобранный чулок может сбиться в складки и привести к сдавлению. Это может произойти также, если пятка чулка вообще не подходит к пятке культы. Особенно удобны чулки, которые способны создать легкую компрессию в концевом отделе культы.

Чулки для культей из искусственных нитей имеют тонкую и гладкую поверхность и достаточно прочны. Они уменьшают трение между культей и гильзой протеза. Их недостаток заключается в не гигроскопичности искусственных волокон. Чулки из нейлона обуславливают раздражение кожи

даже при частой смене белья. Их необходимо использовать только с дополнительными чулками из гигроскопичной ткани.

Смешанной ткани с орлоном, лайкрой или еще лучше хлопчатобумажной или шерстяной из-за их способности защищать от охлаждения и всасывать влагу отдают предпочтение пациенты с заболеваниями сосудов.



Рисунок 3.16 Уход за человеческой культей [13].

Чулки из ткани, пропитанной силиконом, сделанные по индивидуальному заказу, обладают замечательными свойствами. Они облегают культю без складок, не имеют швов и препятствуют образованию влажных камер. Материал хорошо переносится кожей и поэтому особенно подходит для пациентов с аллергией [13].

Наряду с материалом важны способ ткачества или вязки. Гладкие поверхности препятствуют образованию потертостей. Петлистая, узелковая ткань служит хорошей прокладкой и впитывает влагу.

Если объем культи уменьшается, то проще всего надеть несколько чулок друг на друга, что делает протез вновь подходящим для культи. Но атрофия культи происходит неравномерно. Большое количество чулок не улучшает требуемого контакта между культей и гильзой протеза. Тогда лучше сделать новую подгонку гильзы к культе.

Чулки для культи не являются товаром массового потребления и поэтому стоят дороже, чем обычные. Несмотря на это, мы считаем, что с гигиенической точки зрения пациенту недостаточно иметь только один или

два таких чулка, будто в наше время белье меняют только 1 раз в неделю. Кроме того, гигиенические требования ампутационной культи значительно больше, чем стопы.

В распоряжении пациента должно быть много чулок, которые он мог бы менять каждый день и стирать 1—2 раза в неделю. Этот пункт я добавила для тех людей, которые захотят использовать мою дипломную работу, как методичку по оказанию помощи животным.

3.6 Создание шины на 3D принтере

Из-за анатомо-физиологических особенностей поврежденного сегмента невозможно применять серийные изделия, осуществляется индивидуальное экспресс-ортезирование.

Новые технологии в изготовлении ортопедических аппаратов, позволяют получить индивидуальное приспособление в тот же день или, в крайнем случае, через один или два дня от момента назначения. Экспресс-ортезирование осуществляется при наличии специально разработанных полуфабрикатов и современных материалов, позволяющих осуществить моделирование индивидуального ортеза и максимально приблизить его конфигурацию к анатомической форме сегмента тела. Изготовленный таким образом аппарат обеспечивает адекватную иммобилизацию места повреждения, ускоряет переход пациента в вертикальное положение, создает возможность проводить раннюю функциональную нагрузку поврежденной конечности, ускоряются сроки начала самообслуживания и уменьшается общий срок восстановления.

Разработать ортез можно с помощью аддитивных технологий. В связи с тем, что для животных нет серийного производства, разработка ортеза на 3D-принтере будет актуальным.

В программе Inventor был смоделирован ортез, который помогает восстанавливаться кости во время переломов. Это отличная замена гипсу. Животное не разрушит его (рисунок 3.17). На рисунке 3.18 изображена

примерка прототипа. В данном случае он экспериментальный и потребует доработок. В дальнейшем планируется также автоматизировать его.

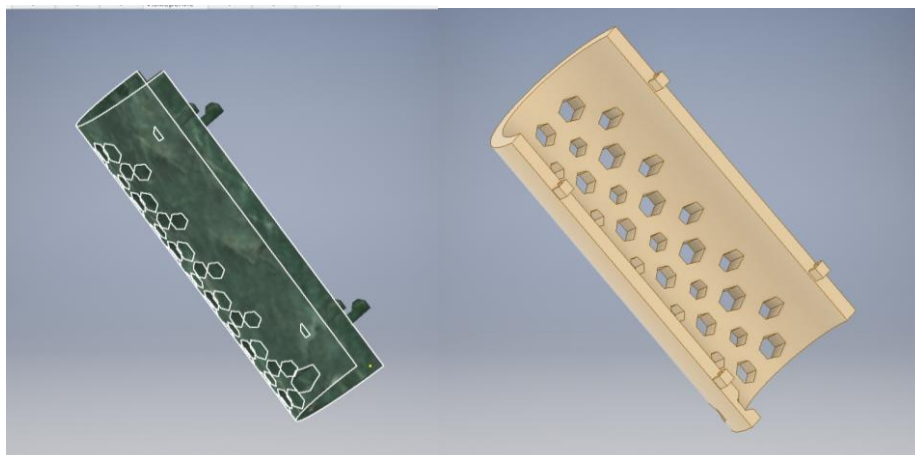


Рисунок 3.17. Ортез. Вид А. и Б



Рисунок 3.18. Примерка ортеза на модели.

3.7 Моделирование в OpenSCAD

Также, для тех людей, у которых возникнут проблемы с Blender, есть решение проблемы в OpenSCAD

OpenSCAD - это 3D-компилятор на основе языка текстового описания. Документ OpenSCAD определяет геометрические примитивы и задает, как они изменяются и управляются, чтобы представить 3D модель. OpenSCAD

доступен для Windows, Linux и OS X. Он использует конструктивную сплошную геометрию (CSG).

Оно использует Computational Geometry Algorithms Library (CGAL) в качестве основного двигателя CSG, который наряду с другими библиотеками заботится о деталях, таких как пересечение, разность и сумма Минковского. Результаты могут быть представлены в 2D DXF или SVG-файлах, 3D AMF, OFF, STL файлах или изображения PNG. Для быстрого предпросмотра моделей с использованием Z-буферизации, OpenSCAD использует OpenCSG и OpenGL.

OpenSCAD позволяет проектировщику создавать точные 3D-модели и параметрические конструкции, которые можно быть легко регулировать, изменяя параметры (рисунок 3.19).

Таким образом, OpenSCAD это не визуальный, программно-ориентированный инструмент твердотельного моделирования, и который был рекомендован в качестве CAD инструмента начального уровня для разработки аппаратных средств с открытым исходным кодом, таких как научные инструменты для научных исследований и образования.

С помощью скрипта на языке программирования Си была построена модель протеза. Пользователю в дальнейшем нужно изменить только цифры в коде (рисунок 3.20 и 3.21).

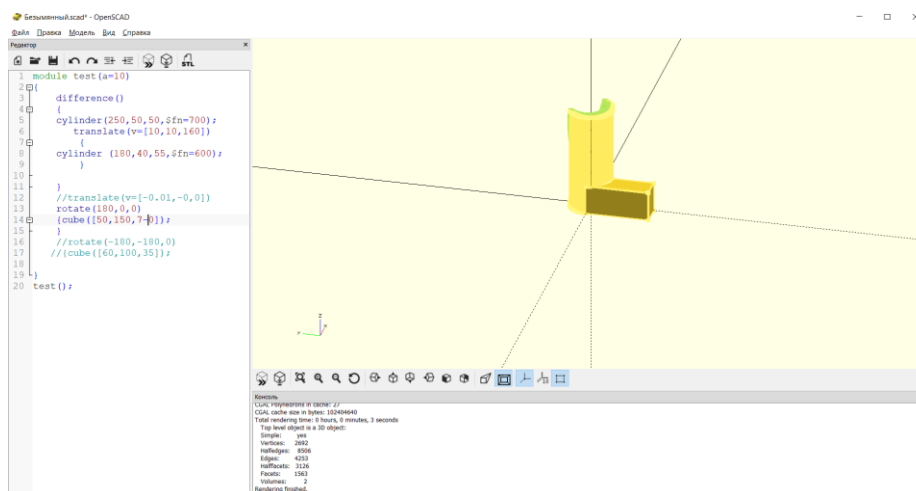


Рисунок 3.19 Интерфейс OpenSCAD

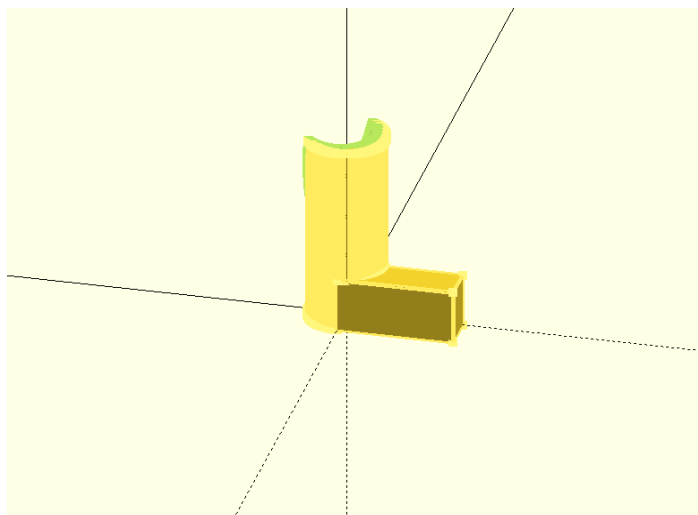


Рисунок 3.20 Пример построения. вид А

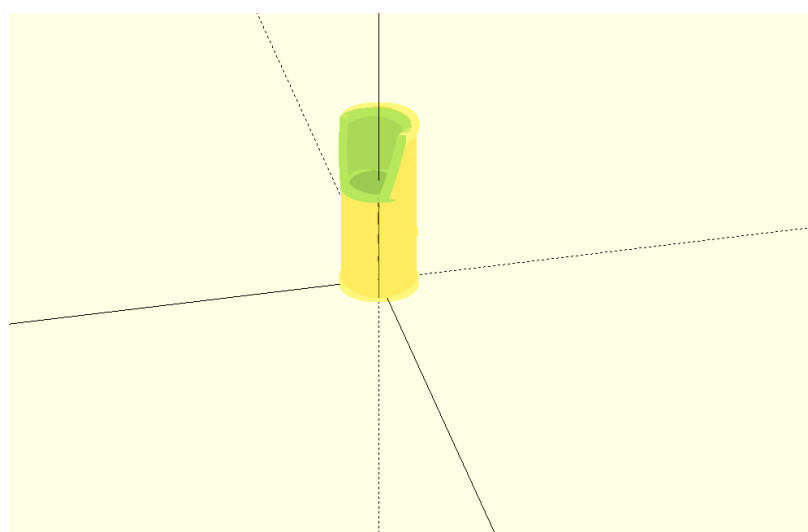


Рисунок 3.21 Пример построения. Вид В

Листинг программы

```
module test(a=10)
{
  difference()
  {
    cylinder(250,50,50,$fn=700);
    translate(v=[10,10,160])
    {
      cylinder (180,40,55,$fn=600);
    }
  }
}
```

```
rotate(180,0,0)
{cube([50,150,7-0]);
}
test();
```

В данной программе очень простой код.

cylinder(250,50,50,\$fn=700) – создание цилиндра 250 мм высота, 50 окружность, 750 качество.

Потребителю не нужно будет писать код, нужно будет только вставить параметры животного.

4 Социальная ответственность

Данная работа посвящена разработке утилитарного программного обеспечения для Blender, который упростит созданию протеза для животных с помощью 3D-принтера. В данной работе была построена 3D-модель, которая была реализована в ПО Blender. С помощью ЭВМ проведено моделирование и расчет основных параметров протеза. После проведения анализа литературы и построения модели создается утилитарное программное обеспечение для ПО на языке Python.

Животное, потерявшее конечность, в природе не выживает. Домашние любимцы, даже несмотря на уход и заботу, испытывают огромный стресс и неудобства после ампутаций. На данный момент только 7 компаний в России решают эту проблему.

Разработанное дополнение к САПР увеличит скорость по оказанию помощи в срочном протезировании, снизит его стоимость и время выполнения. Географически оказать помощь животному можно будет везде, где есть ПК и 3д – принтер. В последующем оно будет внедряться в ветеринарные клиники.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Эргономические требования к рабочему месту

Для работника службы документации, как и для рабочего на производстве, применимы понятия нормальной и максимальной рабочих зон.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне, а (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне г/д;
- «мышь» – в зоне в справа;

- сканер в зоне, а/б (слева);
- принтер находится в зоне, а (справа);
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – в, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно. Зона досягаемости представлена на рисунке 4.1.

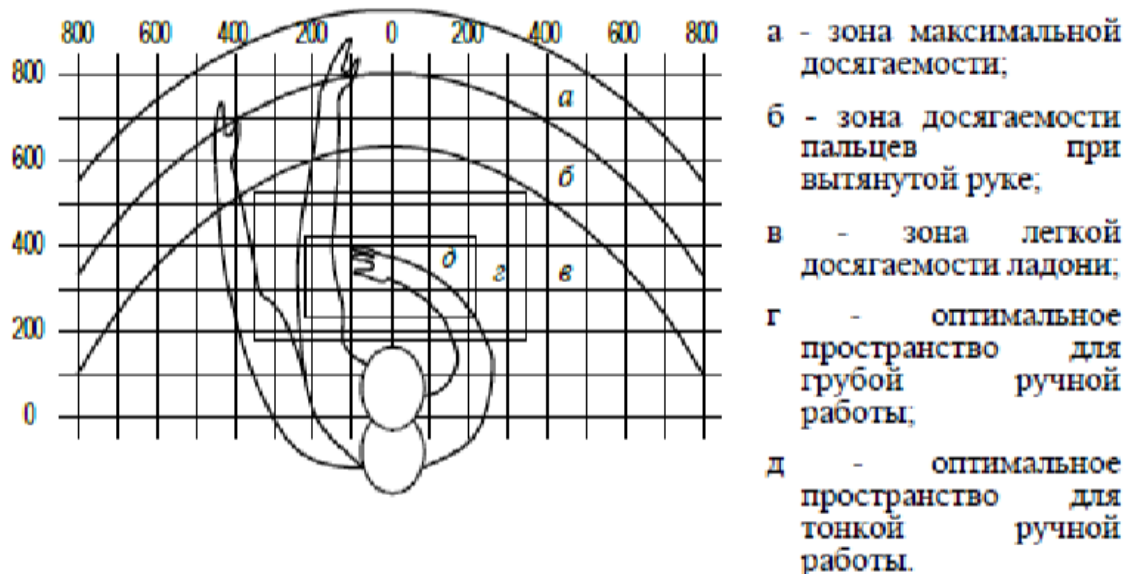
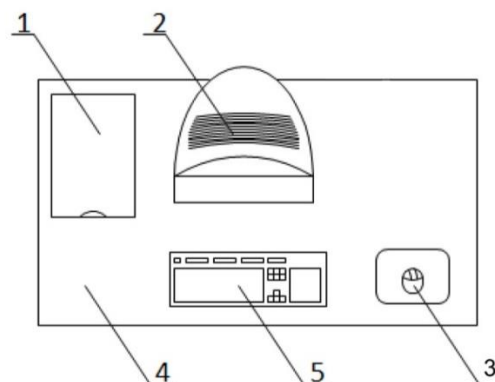


Рисунок 4.1 Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости на рабочем месте

На рисунке 4.2 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста:



1 – 3д-принтер; 2 – монитор; 3 – манипулятор типа «мышь», 4 – поверхность, рабочего стола, 5 – клавиатура

Рисунок 4.2– Размещение основных и периферийных составляющих ПК

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60-70, для стен 40-50, для пола около 30.

4.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др. Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации [18], в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

- Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.
- не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену; рекомендуется делать перерывы в работе за ПК продолжительностью 10 минут через каждые 50 минут работы;
- продолжительность непрерывной работы за компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов;

- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений.
- при нерегламентированной работе повышенной интенсивности возможны головные боли, нервные срывы и др.

4.2 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов используем ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные Документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1 СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
2. Превышение уровня шума		+	+	2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	4. СанПиН 2.2.4.3359-16 - Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81

Продолжение таблицы 4.1 - Возможные опасные и вредные факторы

5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно- вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
--	---	---	---	---

4.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных. По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям [11] и приведены в таблице 2.

Таблица 4.2 – Оптимальные параметры микроклимата рабочего места

Период года	Категория работ	Температура воздуха, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	(23 – 25)	(40-60)	(0,1)
Теплый	Категория 1а	(20-22)	(40-60)	(0,1)

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В офисе имеется искусственная вентиляция, состоящая из вытяжной и приточной вентиляции, что позволяет производить циркуляцию воздуха в помещении.

4.2.2 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

Помещение не имеет источников естественного освещения, но оборудовано дополнительными источниками – люминесцентными лампами. Поэтому в работе рассматриваем только естественную освещенность. Правильное освещение помещений и рабочих зон одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. При недостаточной освещенности развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака, повышается опасность производственного травматизма, низкая освещенность способствует развитию близорукости. Рабочая зона или рабочее место разработчика освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0,5 - 1 мм. В помещении отсутствует естественное освещение. По нормам освещенности [12] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности при работе за персональным компьютером представлено в таблице 4.3 [12].

Таблица 4.3 – Нормирование освещённости для работы за ПК

	Характеристика зрительных работ	Высокой точности	
1.	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	От 0,3	От 0,5
2.	Разряд зрительной работы	Б	
3.	Подразряд зрительной работы	1	2
4.	Относительная продолжительность зрительной работы, %	Более 70	Менее 70
5.	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	300	200
6.	Цилиндрическая освещенность, лк	100	75
7.	Показатель дискомфорта	40	60

Продолжение таблицы 4.3 – Нормирование освещённости для работы за ПК

8.	Коэффициент пульсации освещенности, %	15	20
9.	КЕО при верхнем освещении, %	3,0	2,5
10.	КЕО при боковом освещении, %	1,0	0,7

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 4.4. [13]

Таблица 4.4 – Требования к освещению на местах, оборудованных ПК

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости:	
-между рабочими поверхностями	3:1-5:1
- между поверхностями стен	10:1
-коэффициент пульсации	Не более 5 %

Освещаемая площадь помещения составляет 46 м². В помещение используются люминесцентные лампы i_{ek} LL-26/18 Вт в количестве 20 штук, световой поток каждой лампы составляет 1080 люмен. Тогда рассчитаем освещенность на рабочем месте:

$$E = \frac{20 \times 1080}{46} = 470 \text{ лк}$$

Рассчитанное значение входит в диапазон значений, приведённых в таблице 3, что говорит о выполнении условия освещенности на рабочем месте.

4.2.3 Превышение уровня шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного

шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах, является 80 дБА [14]. Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ; шаговые двигатели 3D-принтера и прибора; компрессор, использующийся в лазерном станке и вытяжная вентиляция. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Исходя из таблицы 4.4, можно сделать вывод, что показания источников шума не превышает допустимого уровня шума для помещения с шумным оборудованием.

4.2.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Энергетическое влияние электромагнитного излучения может быть различной степени и силы. От неощутимого человека до теплового ощущения при излучении высокой мощности, но подобный эффект проявляет себя только при превышении допустимого уровня. Помимо электромагнитного излучения, при работе компьютера образуется электростатическое поле, оно способно деионизировать окружающий воздух. Компьютер, при долгой работе, нагревается, что делает воздух не только слабо ионизированным, но и сухим. Такой воздух является очень вредным, он тяжелый для дыхания и способствует, при благоприятной среде, развитию мнижней конечностей

аллергических заболеваний и, соответственно болезней органов дыхания. В данной выпускной работе будет рассматриваться такой источник электромагнитного поля как персональный компьютер. По [15] энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Параметр	Предельно допустимая энергетическая экспозиция, МГц				
	$\geq 0,03 - 3,0$	$\geq 3,0 - 30,0$	$\geq 30,0 - 50,0$	$\geq 50,0 - 300,0$	$\geq 300,0 - 300000$
По электрической составляющей, (В/м) ²	20000,0	7000,0	800	800	-
По магнитной составляющей,	200	-	0,72	-	-
По плотности потока энергии (мкВт/см ²) × ч	-	-	-	-	200

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

4.2.5 Химические вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм

В работе присутствует этап прототипирования который основывается на создании деталей при помощи 3д-принтера. При работе 3D-принтера выделяются вредные вещества, которые не значительно влияют на здоровье

человека. По ГН 2.2.5.1313–03 для акрилонитрила (C_3H_3N), которые входят в состав ABS пластика:

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

Так как величина предельно допустимой концентрации 5 мг/м³, то для ее уменьшения следует провести вентиляцию над рабочей зоной или периодически проветривать помещение. При нагревании и испарении пластиков в процессе лазерной резки возникают вредные вещества в виде мельчайших твердых частиц размером от 0,03мкм и газообразные едкие и токсичные вещества: хлористый водород, диоксины, угарный газ, окись и двуокись азота, уксусный альдегид, метилметакрилат, винилхлорид, смесь углеводородов, стирол. Смесь вышеперечисленных мельчайших частиц с газообразными токсичными веществами представляют максимальную опасность для операторов и персонала. Накапливаясь в организме человека, они могут вызвать тяжелейшие заболевания, в том числе онкологические. В связи с этим лазерная резка пластика должна производиться в помещении с местной вытяжкой с очисткой удаляемого воздуха от вредных твердых и газообразных веществ и с использованием средств индивидуальной защиты. В офисе имеется искусственная вентиляция, состоящая из вытяжной и приточной вентиляции, что позволяет производить циркуляцию воздуха в помещении при лазерной резке и 3д-печати.

4.2.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Даже самая надежная изоляция теряет свои свойства при длительной эксплуатации в сложных производственных условиях. Опасность поражения электрическим током существенно возрастает, если человек находится в

помещении с металлическим полом или контактирует с оборудованием, находящихся вблизи заземленных металлических предметов.

Основные технические средства защиты от поражения электрическим током:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение по [16].

4.3 Экологическая безопасность

Правовую основу охраны окружающей среды в стране составляет закон Федеральный закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30.03.1999 N 52-ФЗ. Требования охраны окружающей среды зафиксировано в Федеральном законе "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" от 21.11.2011 N 323-ФЗ (последняя редакция) и в законе РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 18.03.2019) "О защите прав потребителей".

Основным видом нормативно-правовых актов по охране окружающей среды является система стандартов "Охрана природы", имеющая номер 17 и состоящая из 10 комплексов. При использовании персональных компьютеров, требуют решения такие важные вопросы, как переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов). При переработке устаревших компьютеров происходит их разборка на шесть составляющих компонентов: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Для повторной эксплуатации нельзя использовать ни одну из отработанных деталей, так как нет гарантии ее надежности, но в форме вторичного сырья они используются при изготовлении новых компьютеров или каких-либо других устройств. Так

же компоненты ПК содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники», которая подготовлена в соответствии с п. 4 Протокола совещания у Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации от 9 июля 1999 г. N ИК-П8-5пр. При эксплуатации ПК расходуются такие ресурсы, как электроэнергия (обеспечение питания компьютера), бумага, используемая для принтера при выводе информации, картриджи. Для того, чтобы добиться наиболее рациональных затрат электроэнергии не следует оставлять включенным персональный компьютер и оргтехнику, когда они не эксплуатируются в настоящее время, печать осуществлять с двух сторон, при этом затраты на бумагу вряд ли удастся сократить хотя бы вдвое, но экономия будет ощутимой. Проблему с утилизацией бумаги может решить вторичная переработка отходов. При 3д-печати используется АБС пластик, который является токсичным. При работе с таким пластиком подразумевается его переработка или утилизация в спецприемниках. Эффективной технологической стадией переработки отходов АБС является сушка полимера, позволяющая довести содержание влаги в нем до уровня, не превышающего 0,1 %. Однако способ прямого прессования оказывается малопродуктивным, а экструзия полимера затрудняется из-за его высокой вязкости. Перспективной представляется переработка технологических отходов АБС полимера методом литья под давлением. При этом для улучшения текучести полимера необходимо вводить технологические добавки. Добавка к полимеру облегчает процесс переработки АБС полимера, так как приводит к увеличению подвижности макромолекул, гибкости полимера и снижению его вязкости.

Бракованные и изношенные изделия можно утилизировать измельчением с последующим формованием полученной крошки в смеси с первичными материалами или в качестве самостоятельного сырья.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На объекте могут возникать чрезвычайные ситуации следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение работы, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, неправильной эксплуатации электроприборов, нарушения мер пожаробезопасности и т.д.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами профилактики ЧС и активной защиты от возгораний. Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме. Данное помещение относится к категории В, производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов. Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с

целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания. Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 [8]. Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации.

4.5 Выводы по разделу

В ходе проведенного исследования были рассмотрены правовые аспекты работы во время подготовки к ВКР. Производственная безопасность также удовлетворяет все нормы. Проблема с освещенностью решена, шумовые загрязнения не завышены, проведенное заземление защищают от поражения током (а также надзор за качеством электроприборов). На рабочем месте установлена вентиляция, благодаря которой стабилизуется выделение вредных химических веществ, выделяемых при использовании 3д принтера. Также предусмотрена переработка отходов производства. Были приняты меры по защите от пожаров (наиболее возможной ЧС).

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

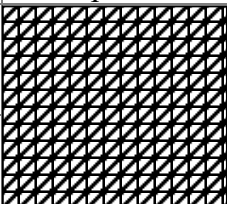
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

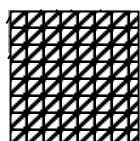
Разработка, которой посвящена данная работа, представляет собой утилитарное программное обеспечение для САПР, благодаря которому можно создать съёмный протез для животного.

Исходя из особенностей утилитарного программного обеспечения, можно судить о круге лиц, которые потенциально будут заинтересованы в разработке. Целевым рынком нынешней разработки являются ветеринарные клиники, основной деятельностью которых является оказание срочной медицинской помощи животным. Также в данном продукте будут заинтересованы зоозащитники и просто любящие своих питомцев люди.

Сегментировать рынок услуг можно по видам протезирования и доступности. Результат сегментирования представлены на таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по созданию протезов для животных

		Вид протезирования		
		Титановые имплантаты +3д протез	Восстановление сустава	Съёмные протезы
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



Фирма А



Фирмы типа Б



Фирмы тип В

Рынок конкурентов был разделен мной на три сегмента по сложности оказываемой помощи: клиника в Новосибирске, в Москве и несколько вариантов со съёмными протезами.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В качестве конкурентов были рассмотрены все виды решений, имеющиеся по протезированию для животных, в России и СНГ, которые возможно найти в сети интернет по отдельным компонентам. К примеру, создание съёмных протезов на 3д принтере. В конечном итоге, в качестве конкурирующих решений были выбраны следующие продукты:

1. Ветеринарная клиника в Новосибирске. Используют титановые имплантаты. Большие недостатки – малодоступность большинству потребителям, проживающим на территории РФ и высокая цена операции [1].
2. Ветеринарные клиники, которые только спасают суставы животных (1 шт.) [2].
3. Завод в Екатеринбурге, который производит протезы для людей, и фирмы, направленные на ортопедические товары для животных (2 шт.) [3].

Таблица 5.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
			Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	К1	К2	К3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности										
1	Повышение производительности	0,2	2	1	3	3	1	0,5	0,3	0,4
2	Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,4	5	2	3	2	0,68	0,21	0,2	0,7
3	Энергоэкономичность	0,01	4	5	6	3	0,06	0,02	0,05	0,03

Продолжение таблицы 5.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

4	Надежность	0,02	4	1	3	4	0,3	0,2	0,15	0,2
5	Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	1	1	2	0,6	0,1	0,2	0,3
6	Простота эксплуатации	0,1	5	2	2	4	0,5	0,2	0,2	0,4
Экономические критерии оценки эффективности										
1	Конкурентоспособность продукта	0,01	5	2	2	4	0,07	0,02	0,05	0,04
2	Уровень проникновения на рынок	0,01	1	4	3	1	0,01	0,04	0,03	0,02
3	Цена	0,09	3	2	2	2	0,36	0,18	0,18	0,18
4	Послепродажное обслуживание	0,08	5	2	2	5	0,4	0,16	0,16	0,32
5	Финансирование научной разработки	0,04	5	5	4	3	0,3	0,2	0,14	0,12
6	Срок выхода на рынок	0,03	6	5	5	5	0,04	0,05	0,07	0,05
	Итого	1	50	32	36	38	4,32	1,88	1,73	2,36

Исходя из проведенного анализа, можно заключить, что проблема протезирования связана с незаинтересованностью клиник в развитии отрасли. Возможно, недостаточное финансирование повлияло на плохое развитие вет. услуг, где могли предлагаться подобные продукты.

Предложение первого конкурента наиболее сильное, так как протез обладает надежностью и практичностью, но процедура дорогая (для щенка породы маламут протезирование 4 лап обойдется в 300 тысяч рублей), и сама клиника находится только в г. Новосибирске (возможно проведение операции в Томске).

Коэффициенты конкурентоспособности двух других фирм едва различимы. Данные компании обладают той же самой проблемой –они географически ограничены.

Преимуществом предлагаемой разработки является то, что она в десятки раз сокращает время выполнения процесса. Также данный продукт на рынке уникален. Никто не пытался автоматизировать создание протезов так, чтобы он мог быть сконструирован почти любым пользователем. Также сильной стороной является то, что данная система проста в использовании, так как разрабатывалась с тем учетом, что большинство ее пользователей не будут иметь большого опыта работы с компьютерами.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица составляется на основе анализа рынка и конкурентных технических решений, и показывает сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для разработки.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Доступность для любых регионов.	СЛ1.Некоторые случаи требуют операций на суставе.
	С2. Невысокая стоимость	СЛ2. Потребность в дополнительном оборудовании - 3д принтер и ПК
	С3.Дружелюбный и интуитивно понятный интерфейс и полная документация.	СЛ3.Животное может снять его или повредить
	С4. Постоянная поддержка разработчика.	СЛ4.Неточность полученных результатов.
	С5. Возможность сделать протез самому	СЛ5.Временами нужны замены протезу

Продолжение таблицы 5.3 – SWOT-анализ

		Возможности		
В	1	Спасение здоровья	В1С1. Использование утилитарное программное обеспечения для Blender поможет создать съёмный протез в любой точке мира без особых навыков 3D моделирования..	В1СЛ1 В сложном случае нужны имплантаты на сустав .
В	2	Создание протеза	В3С2.Дополнение к утилитарное программное обеспечениеу построит легкие и крепкие шины взамен гипса.	В2СЛ5.Стоимость принтера может оказаться проблемой для клиники..
В	3	Распечатка шины при переломах	В2В5С4С5. Дополнительное оснащение ветеринарных клиник .	
В	4	Выход утилитарное программное обеспечения на рынок	В4С2С3С4. Необходимый спектр функционала, дружелюбный интерфейс, документация, а также поддержка разработчика способствуют распространению системы на рынок.	В3В2В5СЛ5.Старые схемы лечения могут плохо сочетаться с технологиями..
В	5	Доработка в связи с пожеланиями		
Угрозы			У1У2С2С3С4. Дружелюбный интерфейс, понятная документация позволят избежать неправильного выполнения инструкций, а также неприятия автоматизации. Также избеганию неприятия способствует автоматическое создание модели протеза	В1В2СЛ1У1 взаимодействие техники с врачами решит данную проблему
У	1	Неприятие автоматизации пользователями		У1У2У3СЛ1СЛ3СЛ4 Нежелание разбираться в технике, медленная работа системы может привести к отказу пользователей работать с системой.
У	2	Неверное выполнение инструкций пользователем		
У	3	Медленная работа системы	У3С4. Грамотная поддержка разработчика снизит вероятность медленной работы системы	
У	4	Несвоевременное финансирование	У5С4С5. Постоянная поддержка разработчика и финансирование предприятия способствуют системе всегда оставаться актуальной.	
У	5	Потеря актуальности		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это

соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Соотношения параметров представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4– Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	-	+
	B2	+	-	+	-	+
	B3	+	+	+	-	0
	B4	-	+	+	+	-

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	СЛ5
	B1	-	-	+	0	+
	B2	+	-	-	+	+
	B3	0	+	-	-	-
	B4	-	+	+	+	-
	B5	0	-	0	-	+

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	+	+	+	-
	У2	-	+	+	+	-
	У3	-	0	-	+	0
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	0	+	+

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	СЛ5
	У1	-	+	+	+	-
	У2	+	+	+	+	-
	У3	-	+	+	+	0
	У4	+	+	-	-	-
	У5	0	-	+	+	-

По итогу проведения анализа были выявлены такие сильные стороны, как невысокая цена, доступность и простота. Слабой стороной является высокая цена 3d принтера (оборудование), негативное отношение к технологиям, нежелание изучать новые способы спасения здоровья животных.

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2

Продолжение таблицы 5.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	50	50

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 40 до 50, что говорит о средней перспективности проекта. Аспекты вывода продукта на рынок не были учтены (вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок, оценка стоимости интеллектуальной собственности), а также проявляется недостаток знаний. Следовательно, требуются дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

Перспективность данного научного исследования выше среднего, но не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого недостаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для

коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

5.2 Планирование управления научно-техническим проектом

5.2.1 Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 5.1 представлен шаблон иерархической структуры.



Рисунок 5.1 – Иерархическая структура по ВКР

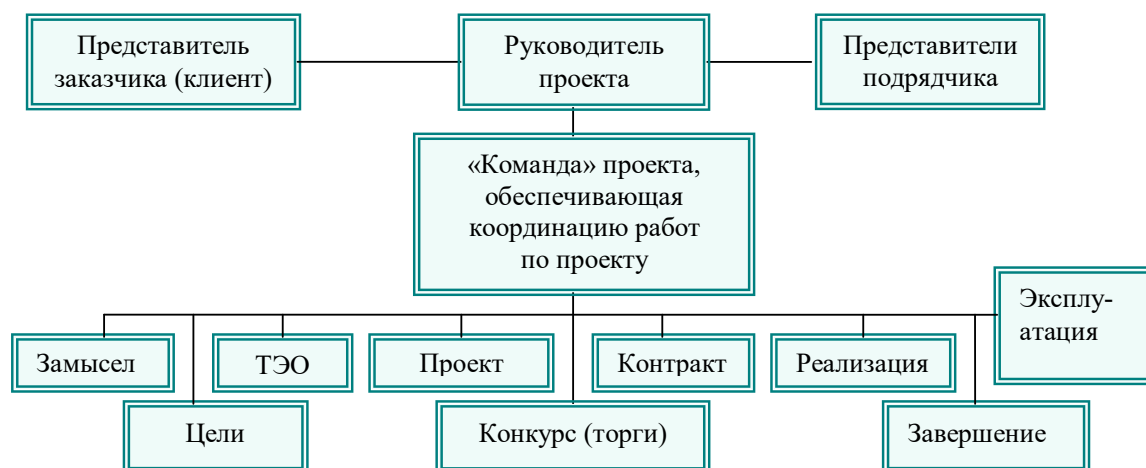


Рисунок 5.2 – Проектная структура проекта

В данном проекте будет использована проектная структура проекта, так как она подходит больше, потому что технология является новой и не исследуемой ранее, сложность проекта высока. Пример проектной структуры изображен на рисунке 5.2.

5.2.2 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 5.6.

Таблица 5.6 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая

Продолжение таблицы 5.6 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

В данном случае выбор лежит к проектной структуре проекта из-за особенностей разработки. Составляющая проекта является модульные системы, работающие в постоянном взаимодействии с другими модулями. Также основной причиной выбора проектной структуры является то, что технология проекта является новой, и имеются ограниченные сроки реализации.

5.3. Организация и планирование работ

Для оценки процесса реализации проекта необходимо составить линейный график, исполнителями являются научный руководитель(НР) и студент (С). Для каждого из выделенных этапов определим его исполнителей и долю участия каждого из исполнителей в его выполнении. Полученные результаты сведем в таблицу 5.7

Таблица 5.7 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участников

	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач исследования	НР, С	НР – 70 % С – 30 %

Продолжение таблица 5.7 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участников

2	Анализ готовых технических решений	НР, С	НР – 30 % С – 70 %
3	Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, С	НР – 30 % С – 70 %
4	Анализ информационных источников	С	С – 100 %
5	Подбор материальной базы исследования	НР, С	НР – 35 % С – 65 %
6	Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	НР – 20 % С – 80 %
7	Проведение экспериментальной части	С	С – 100 %
8	Оформление научно исследовательского отчета	С	С – 100 %
9	Подведение итогов	НР	НР – 100 %

Результаты с указанием этапов работ и их кратким описанием приведены ниже.

Первым этапом является анализ предметной области, с последующими выводами о том, какие цели и задачи нужно поставить. Так же производится четкое распределение нагрузки и обязанностей между научным руководителем и студентом. По окончании изучения всех предложенных материалов, необходимых для достижения поставленной цели, студент просматривает дополнительные источники и предлагает максимально детальный план работ. Данный план корректируется и подтверждается в последствие научным руководителем. Основными пунктами данного плана являются задачи, прописанные предварительно студентом.

Второй этап подразумевает просмотр уже реализованных проектов, в данной области. Сравнение реализованных решений помогает более взвешенно подобрать методы исследования, программное обеспечение, материально техническое обеспечение.

Результатом третьего этапа станут технические требования к разрабатываемой системе, в частности к её физическим характеристикам. Так же обоснование целесообразности и актуальности разработки.

Результатом выполнения четвертого этапа является глубокое понимание вопроса по изучаемой тематике, подбор нужного материала для исследования, выбор необходимого программного обеспечения и определение направления последующей работы.

Результатом выполнения пятого этапа является подбор необходимого оборудования. В данном случае осуществляется выбор материалов работ по таким параметрам, как доступность и потенциальное соответствие согласно разработанным требованиям.

Результатом выполнения шестого этапа стал календарный план, в котором содержится расписание выполнения всех видов деятельности по достижению цели – создание утилитарного программного обеспечения для Blender.

Результат седьмого этапа - это набор статистических данных по спланированным и проведенным экспериментам с объектом исследования.

Восьмой этап направлен на оформление всего изученного, смоделированного и изготовленного материала в текстовом формате для защиты и так же для продолжения исследований в данном направлении.

На девятом этапе студент предоставляет свои результаты на оценку руководителю и получает обратную связь о проделанной им работе.

5.3.1 Продолжительность этапов работ

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ.

Для этого, полагаясь на собственный опыт, произведем оценку минимального и максимального времени выполнения каждого из этапов. Рассчитаем ожидаемое время выполнения работ, воспользовавшись формулой:

$$t_{ожі} = \frac{2 * t_{max} + 3 * t_{min}}{5} \quad (5.1)$$

$t_{ожі}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ в чел.-дн.,

t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Ожидаемое, минимальное и максимальное время исполнения в предложенной выше формуле, оцениваются в рабочих днях на человека. Произведем перевод этих величин в календарные дни, воспользовавшись следующей формулой:

$$T_{кд} = T_k \cdot T_{рд}, \quad (5.2)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_k – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

(5.3)

$$T_k = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$); $T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,48 \quad (5.4)$$

В свою очередь рабочие дни рассчитываются по следующей формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} * K_{д} \quad (5.5)$$

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{вн} = 1$;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{д} = 1–1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Для простоты расчетов примем $K_{д}$ и $K_{вн}$, равными единице. Тогда формула для расчета календарных дней преобразуется в следующую:

$$T_{кд} = T_{к} * T_{рд} = t_{ож} * T_{к} = \frac{3*t_{min}+2*t_{max}}{5} * 1.48 \quad (5.6)$$

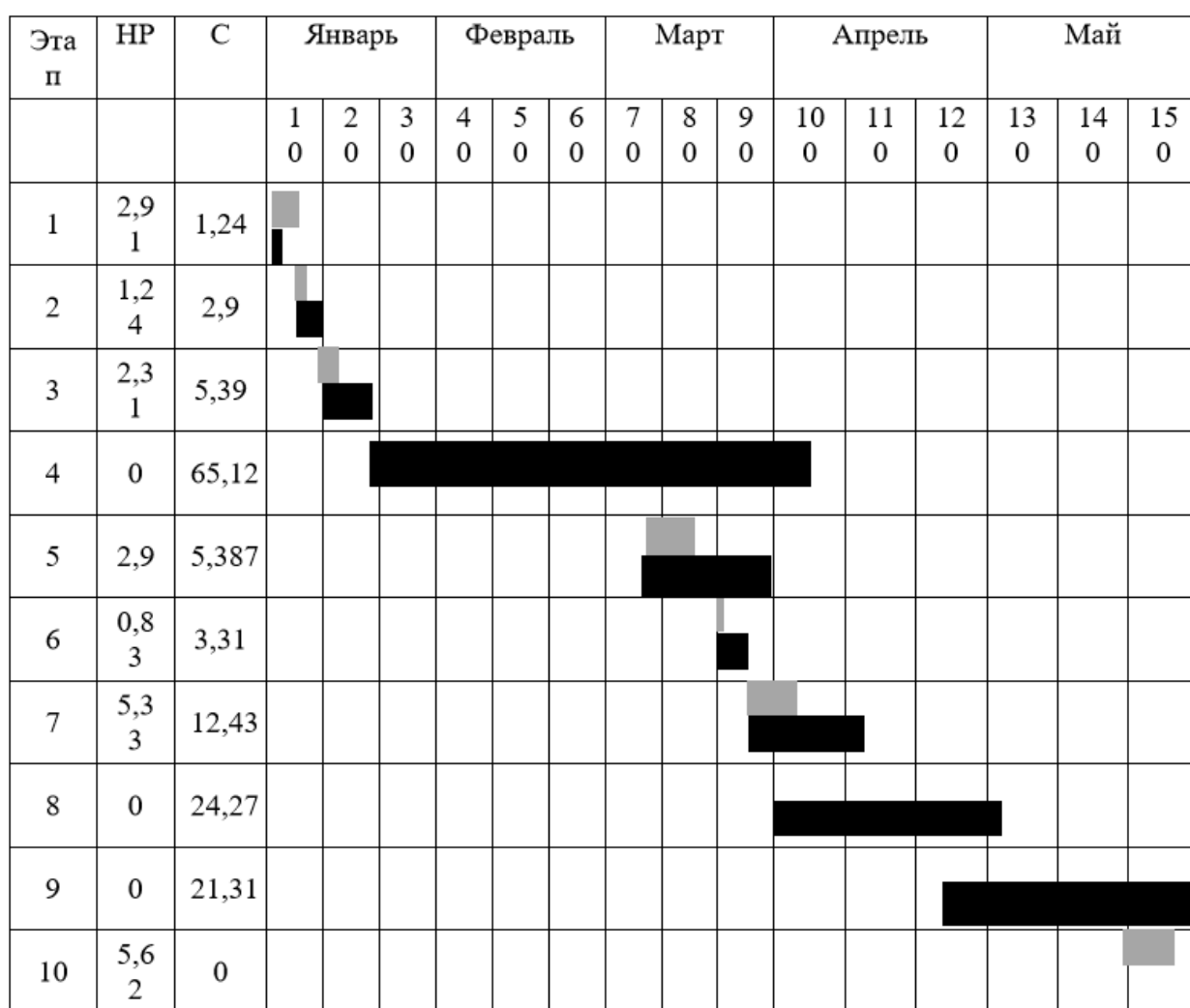
Воспользовавшись данными из таблицы 9, приведенными выше формулами, произведем расчет продолжительности выполнения работ научным руководителем и студентом в календарных днях. Результаты расчетов представлены в таблице 5.8. На основе данной таблице составим линейный график работ, представленный в таблице 5.8. На рисунке 5.3 приведена диаграмма Ганта.

Таблица 5.8 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

Этап	Исполнитель	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					ТРД		ТКД	
		tmin	tmax	тож	НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Постановка целей и задач исследования	НР, С	2	4	2,8	1,96	0,84	2,9008	1,2432
2. Анализ готовых технических решений (ТЗ)	НР, С	2	4	2,8	0,84	1,96	1,2432	2,9008
3.Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	С	4	7	5,2	1,56	3,64	2,3088	5,3872
4.Анализ информационных источников	НР.С	40	50	44	0	44	0	65,12
5.Подбор материальной базы исследования	НР, С	4	8	2,4	0,84	1,65	2,90	5,387

Продолжение таблицы 5.8 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

6.Разработка календарного плана выполнения работ	НР,С	2	4	2,8	0,56	2,24	0,8288	3,3152
7.Проведение экспериментальной части	НР,С	14	20	16,4	0	16,4	0	24,272
8.Оформление расчетно-Пояснительной записки	С	12	18	14,4	0	14,4	0	21,312
9.Подведение итогов	НР, С	3		5	3,8	3,8	0	5,624
Итого:				94,6	8,72	85,88	15,8056	128,9374



■ НР – ■ С –

Рисунок 5.3 – Диаграмма Ганта

5.3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет затрат для выполнения комплекса работ по проекту производился по следующим статьям:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные) расходы.

В процессе выполнения работ по проекту исполнителям не требуется производить оплату услуг сторонних организаций, так как они являются подразделениями и/или подрядными организациями ТПУ, а также нет необходимости производить оплату за аренду имущества. Исполнители также не производят оплату командировок, услуг связи. Таким образом, касательно проекта, необходимо произвести расчет материалов и покупных изделий, заработную плату исполнителей, социальный налог, расходы на электроэнергию, амортизацию и накладные расходы.

5.3.3 Расчет затрат на материалы и покупные изделия

Работа над проектом заключается в проведении теоретических исследований в своем начале и практических – в конце. А также в закупке необходимых материалов для проведения экспериментов. Для теоретических исследований необходимо наличие персонального компьютера с постоянным доступом к сети интернет и установленным пакетом MS Office и Blender. Все

указанные ресурсы распространяются либо бесплатно, либо обеспечиваются за счет университета. Так, например, лицензия на MS Office приобретена ТПУ и доступна в открытом доступе для студентов, следовательно, затраты на использование данных программ не учитываются. Так как затрат на все программное обеспечение удалось избежать, то материальные затраты в данной части состоят только из расходов на канцелярские принадлежности и расходные материалы для принтера.

Что касается материальной базы для проведения экспериментов необходимо было закупить ABS леску в количестве 1 кг.

В материальные затраты также входят транспортно-заготовительные расходы (ТЗР), которые обуславливаются затратами на совершение сделок купли-продажи материалов, их доставку к месту использования. Обычно ТЗР составляют от 5 % до 20 % от общей цены материалов. Положим норму ТЗР равной 5 %.

С учетом вышесказанного, составим таблицу 5.19, в которой учтены затраты на первый и второй этапы работы.

Таблица 5.9 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Затраты на этапе теоретических исследований			
Бумага для принтера, упак. 500 листов	257	2	514
Тетрадь общая, формат А4	93	3	279
Мультифоры, упак. 100 шт.	100	2	200
Скобы для степлера, упак. 500 шт.	84	1	84
Итого			1077
Итого (с учетом ТЗР)			1184,7
Затраты на этапе практических исследований			
ABS- леска	1200	1	1200
Итого			1200
Итого (с учетом ТЗР)			1200
Общие затраты			
Итого			2384,7
Итого (с учетом ТЗР)			2503,935

5.3.4 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату студента (исполнитель проекта) и научного руководителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величина месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ находится в общем доступе и её можно найти на портале. Оклад студента принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, в которой выполняются подобные виды работ или же там, где студент проходил преддипломную практику.

Для расчета заработной платы студента примем величину месячного оклада, равную окладу младшего научного сотрудника на полставки, т.е. $МОС = 7437,225$ руб.; а величина заработной платы руководителя – величина месячного оклада доцента, д.т.н. $МОНР = 27484,86$.

Для дальнейшего расчета зарплаты необходимо вычислить среднедневную ставку с учетом среднего количества рабочих дней в месяце.

В 2018 году 247 рабочих дней, следовательно, количество рабочих дней в месяце равно 20,6. Таким образом, среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн} = МО / 20,6, \quad (5.7)$$

Для студента эта величина составит примерно 361 рубль, а для научного руководителя 1334,22 рубля в день. Зная среднедневную оплату труда, на можно произвести расчет основной заработной платы за период выполнения работ. Затем, учитывая премии, дополнительную заработную плату и районный коэффициент, можно рассчитать полную заработную плату по следующей формуле:

$$ЗП_{полн} = ЗП_{дн} * ТРД * КПр * КДОП * КР \quad (5.8)$$

где ТРД – трудоемкость проекта для сотрудника в рабочих днях; КПП = 1,1 – коэффициент премирования; Кдоп = 1,13 – коэффициент дополнительной заработной платы для пятидневной рабочей недели; Кр = 1,3 – районный (северный) коэффициент. Выполнив расчеты по приведенным формулам, результаты приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	27484,86	1334,22	18	1,62	38905,9
С	7437,225	361	140		81874,8
		Итого			120780,6

5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данная статья учитывает затраты на электроэнергию, которая потребляется всем оборудованием в течение работы над проектом. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$С_{эл.об.} = Р_{об} \cdot t_{об} \cdot ЦЭ, \quad (5.9)$$

где РОБ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

ЦЭ – на 1 кВт·час (ЦЭ = 5,782 руб/кВт·ч);

t_{об} – время работы оборудования, час. Время работы оборудования определяется по формуле:

$$t_{об} = ТРД \cdot Kt, \quad (5.10)$$

где Kt – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно

определение *тоб* путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Для выполнения работ студентом использовался персональный компьютер, принтер, 3d принтер. Определим затраты на потребленную оборудованием электроэнергию и сведем результаты расчетов в таблицу 5.11

Таблица 5.11 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность оборудования, кВт	Kt	Время работы оборудования, ч	Затраты на электроэнергию
Персональный компьютер	0,35	0,9	800	1457,07
Принтер	0,25	0,005	120	0,87
3 d принтер	0,65	0,5	60	112,75
Итого	1,25		980	1570,69

5.3. 6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту и рассчитывается по формуле $ССОЦ = СЭЛ * 0,3$. Итак, для проведения исследования затраты на социальный налог составляют $ССОЦ = 155490,6 * 0,3 = 36234,21$ руб.

5.3.7 Расчет амортизационных расходов

Расчет амортизационных расходов производится по следующей формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \Pi_{OB} t_{рф}}{F_d} n, \quad (5.11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; Π_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом $T_{зр}$, F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году, $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При работе над проектом использовались по 1 единице оборудования: персональный компьютер, принтер, 3d принтер. Это оборудование разного типа, группа – вычислительная техника имеет срок полезного использования 2-3 года, группа электрические приборы имеет срок полезного действия 2-3 года, группа лабораторное оборудование имеет срок полезного действия 3-5 лет. Так как компьютер эксплуатировался более 3 лет уже к началу работ, то срок его полезного использования истек, следовательно, амортизационные расходы на данный вид оборудования равны нулю. Принтер эксплуатировался к началу проведения работ более 5 лет, следовательно, амортизационные расходы на него тоже нулевые. 3 d принтер использовался к началу работ более 3 лет, следовательно, амортизационные расходы нулевые.

5.3.8 Расчет прочих (накладных) расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 5 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$\text{Спроч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) 0,05 = (2503,935 + 120780,6 + 36234,21 + 1570,69) \cdot 0,1 = 160204,52 \cdot 0,05 = 8054,47175 \text{ руб.}$$

5.3.9 Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитав сумму всех расходов на выполнение запланированных работ, произведем расчет общей себестоимости проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	<i>Смат</i>	2503,935
Заработная плата	<i>Сзн</i>	120780,6
Отчисления в социальные фонды	<i>Ссоц</i>	36234,21
Расходы на электроэнергию	<i>Сэл.</i>	1570,69
Прочие расходы	<i>Спроч</i>	8054,47175
ИТОГО:		169143,90675

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 169143,90675$ руб.

Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (табл. 5.13).

Таблица 5.13– Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Потеря актуальности		2	5	средний	Внедрение нового функционала в процессе жизненного цикла ПО	Развитие доступных и качественных ветеринарных услуг

Продолжение таблицы 5.13– Реестр рисков

2	Ненадлежащее качество продукта		3	5	средней	Обучение персонала. Точность использования	Некорректное использование ПО
---	--------------------------------	--	---	---	---------	---	-------------------------------

5.3.10 Оценка абсолютной эффективности исследования

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**DPР**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

5.3.11 Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (5.12)$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

I – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

Таблица 5.14 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

Наименование показателей	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
Выручка от реализации, тыс.руб.	0	90,142	90,142	90,142	90,142
Итого приток, тыс.руб.	0	90,142	90,142	90,142	90,142
Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-77,231	0	0	0	0
Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	42,285	42,285	42,285	42,285
Налогооблагаемая прибыль (1-4)		42,195	42,195	42,195	42,195
Налоги, тыс. руб донал.приб*20 %	0	8,439	8,439	8,439	8,439
Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-77,231	50,724	50,724	50,724	50,724
Чистая прибыль, т.р. (5-7)	-77,231				
Амортизация, т.р	-77,231				

Продолжение таблицы 5.14 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам	-77,231	33,756	33,756	33,756	33,756
Коэффициент дисконтирования (приведения при $i = 20\%$)	1,0	0,833	0,74	0,578	0,482
Дисконтированный чистый денежный поток, тыс.руб. ($c_8 * c_9$)	-77,231	42,253	37,535	29,318	24,448
То же нарастающим итогом, тыс.руб. (NPV =56,316 тыс.руб.)	-77,231	-34,978	2,55	31,868	56,316

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 56,316 тыс. рублей, что говорит о его эффективности.

Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 5.15).

Таблица 5.15 – Дисконтированный срок окупаемости

Наименование показателя	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-77,231	42,253	37,535	29,318	24,448
То же нарастающим итогом	-77,231	-34,978	2,55	31,868	56,316
Дисконтированный срок окупаемости	PP_{дск} = $1 + 34,978/37,535 = 0,931$ года				

Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 5.16 и графика, представленного на рисунке 5.3.

Таблица 5.16 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

No	Наименование показателя	0	1	2	3	4
1	Чистые денежные потоки	-77,23	90,142	90,142	90,142	90,142
2	коэффициент дисконтирования					
3	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683
4	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482
5	$i=0,3$	1	0,769	0,592	0,455	0,35

Продолжение таблицы 5.16 - Зависимость от ставки дисконтирования

6	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26
7	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198
8	i=0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,095
9	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,07
10	i=0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095
11	i=0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077
12	i=1	1	0,5	0,25	3:00	0,006

	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						
13	i=0,1	-77,231	73,827	67,252	61,151	53,127	178,157
14	i=0,2	-77,231	66,793	55,648	46,346	39,25	133,15
15	i=0,3	-77,231	61,661	47,469	36,484	28,064	97,382
16	i=0,4	-77,231	57,251	40,894	29,187	20,848	71,884
17	i=0,5	-77,231	53,483	35,602	23,654	15,876	52,319
18	i=0,6	-77,231	50,115	31,272	19,565	7,617	32,273
19	i=0,7	-77,231	47,148	26,862	16,277	5,613	19,604
20	i=0,8	-77,231	44,582	24,777	13,711	7,617	14,391
21	i=0,9	-77,231	42,177	22,211	11,707	6,174	5,973
22	i=1	-77,231	41,085	21,046	11,023	0,389	-5,23

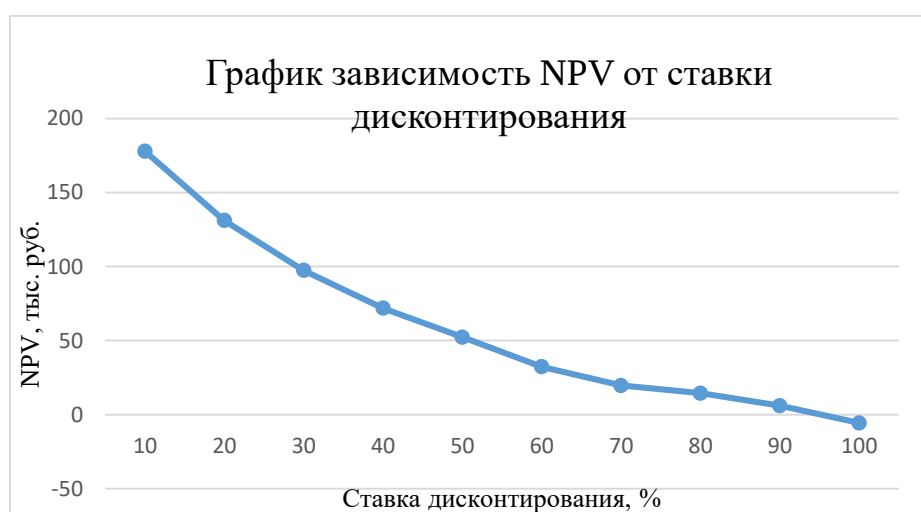


Рисунок 5.4– Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,93.

Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (5.13)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{42,253 + 37,535 + 29,318 + 24,448}{124,816} = 1,07 \quad (5.14)$$

$PI=1,07>1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$;

$NPV=133.55$ тыс. руб.

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 5.17 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Заказ протеза из другого региона	Можно изготовить протез в любой области
Высокая цена	Повышение конкурентоспособности рынка протезов для животных снижает цену.
Привлечение внимания к проблемам животных-инвалидов	Решение одной из проблем вдохновит людей развивать симбиоз технологий и ветеринарии

5.3.12 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.15)$$

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).

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).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 5.18).

Таблица 5.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует популяризации протезирования	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	2	3
3. Доступность	0,15	3	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Точность анализа	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	25	19	22

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i^p}{\Phi_{\max}} = \frac{5}{25} = 0.2$$

$$I_{\Phi}^a = \frac{\Phi_i^a}{\Phi_{\max}} = \frac{4}{19} = 0.21$$

$$I_T^p = 5 * 0,1 + 5 * 0,15 + 3 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,15 = 3,94$$

$$I_{T1}^a = 3 * 0,1 + 2 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,15$$

$$I_{T2}^a = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 4 * 0,05 = 3,5$$

$$I_{\Phi \text{инр}}^p = \frac{I_T^p}{I_{\Phi}^p} = \frac{3.94}{0.2} = 19.7$$

$$I_{\Phi \text{инр}}^a = \frac{I_T^a}{I_{\Phi}^a} = \frac{3.15}{0.21} = 15$$

$$\Xi_{\text{ср}} = \frac{I_{\Phi}^p}{I_{\Phi}^a} = \frac{0.2}{0.21} = 0.95$$

Таблица 5.19 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.21	0.2
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3.15	3.94
3	Интегральный показатель эффективности	15	19.7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0.95	1,05

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Подводя итоги данной главы, следует отметить, что у данного проекта прежде всего социальная роль. Но он может выступать и коммерческим. В ходе исследования была получена чистая текущая стоимость (NPV) – 56,316тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект можно считать выгодным, NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ($PP_{дск}$) составляет 0.93 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,93, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполняется условие неравенства $IRR > i$. Индекс доходности (PI) – 1,07, и, основываясь на том, что данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что более эффективным вариантом решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 3 – печать временных протезов.

Заключение

Данная работа посвящена разработке утилитарного программного обеспечения для Blender, которое автоматизирует создание протеза для животных. В данной работе была построена 3D-модель, которая спроектирована в программном обеспечении Blender. После проведения анализа литературы и построения модели создается утилитарное программное обеспечение на языке Python.

В результате работы проанализированы информационные источники, на их основании доказана актуальность использования временных протезов. В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитана экономическая выгода проекта. Также стоит подчеркнуть социальную важность проекта. Благодаря ему может быть оказана помощь многим владельцам травмированных домашних животных.

Разработанное дополнение к САПР увеличит скорость по оказанию помощи в срочном протезировании, снизит его стоимость и качество выполнения. Географически оказать помощь животному можно будет везде, где есть ПК и 3d – принтер. В последующем оно будет внедряться в ветеринарные клиники.

Список литературы

1. Архангельский Р.А. От протезов до продвинутой техники: как 3D-печать используется в медицине// Электронный ресурс.: <https://rb.ru/opinion/3d-medprint/> (дата обращения: 23.12.2018).
2. Кондрашин Н.И, Санин В.Г. Ампутация конечности и первичное протезирование.- М:Медицина,1984.
3. Сусяев В.Г., Смирнова Л.М. Значимость новых безгипсовых технологий раннего первичного протезирования как неотъемлемой части медицинской реабилитации инвалидов после ампутации голени и бедра.- К:Медицина в Кузбассе Том 17, № 2 (2018)
4. Ветеринарная клиника.Бэст Официальный сайт. [Электронный ресурс] URL https://vetclinika.com/services/ortopediya/protezirovanie_konechnostey.htm дата обращения: 2.12.2018).
5. Ветеринарная клиника.Ветмир Официальный сайт. [Электронный ресурс] URL <https://www.vetmir.ru/services/totalnoe-protezirovanie/> дата обращения: 2.12.2018).
6. На уральском заводе стали производить протезы для животных. [Электронный ресурс] URL http://goodnewsanimal.ru/news/na_uralskom_zavode_stali_proizvodit_protezy_dlya_zhivotnykh/2015-06-11-4705 дата обращения: 2.12.2018).
7. Ветеринарная клиника. Фракиштак Официальный сайт. [Электронный ресурс] URL <https://www.frakishtak.com/katalog/protezy-i-ortezy/> (дата обращения: 2.12.2018).
8. Уральские новости [Электронный ресурс] URL <https://help-pets.livejournal.com/22214.html> (дата обращения: 2.12.2018).
9. Ортос. Официальная страница. Г. Севастополь. [Электронный ресурс] http://ortossev.ru/catalog/protezyi_dlya_jivotnyih/ (дата обращения: 2.12.2018).
10. Чулки для культи Электронный ресурс] URL <https://mpgirl.su/2009/05/24/chulki-dlya-kulti/> (дата обращения: 7.04.2019)

11. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
12. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
14. СанПиН 2.2.4.3359-16 - Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
16. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
17. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 (ред. От 30.12.2017) "О противопожарном режиме" (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации")
18. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)

Приложение А
(обязательное)

Раздел 1.1 Протезирование конечностей. Теоретические данные

Section 1.1 Limb Prosthetics. Theoretical data

Раздел 3.1. Ветеринарные услуги по протезированию в России

Section 3.1 Veterinary services for prosthetics in Russia

Limb Prosthetics

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ71	Тихонова Яна Сергеевна		

Консультант отделения автоматизации и робототехники

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Гончаров В.И	Д.Т.Н., профессор		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Пичугова И.Л.			

Section 1.1 Limb Prosthetics. Theoretical data

Prosthesis or prosthetic implant [2][3] is an artificial device that replaces a missing body part, which may be lost through trauma, disease, or a condition present at birth (congenital disorder). Prostheses are intended to restore the normal functions of the missing body part. [4]

Prosthetics is an important stage in the process of social and labor rehabilitation of a person who has lost limbs or suffers from diseases of the musculoskeletal system. The variety of types and levels of amputations of upper and lower limbs, as well as the consequences of diseases of the musculoskeletal system determine a very extensive range of prosthetic and orthopedic products. Currently, almost all levels of amputations of limbs types of lesions are provided with prosthetics.

The quality of prosthetics depends not only on the degree of perfection of individual nodes, but also on how they are assembled in the prosthesis. In the practice of prosthetics schemes of prostheses are widely used, which are a set of basic parameters that determine the relative position of the nodes of the prosthesis relative to the musculoskeletal system of the prosthesis. The schemes of prosthesis construction count in account the individual characteristics of a person: weight, height, level of amputation, age and sex characteristics. Individual parameters of the scheme are laid in the structures of semi-finished products and units of maximum readiness. It should be noted that almost every assembly scheme implemented in the prosthesis needs to be adjusted during fittings. This is achieved through the use of removable or built-in parts of the prosthesis.

There are different types of prostheses for the lower limbs

Prostheses of the lower limbs of human are of several types:

- passive;
- active.

Passive prostheses are only a support. They are designed to teach a person to move without assistance.

These prostheses are designed for a person to learn how to move after surgery without the help of other people. They are only basic and hidden by clothing.

Active prosthetic leg help a person to perform a number of movements. This devices are equipped with special microprocessors. Signals are given by healthy muscles. Then they are registered by sensors. After that, the pulse is transmitted to the electric valves. It puts the foot in action. [2].

The work is carried out to permanently improve the means and methods of prosthetics in the world. Methods of preparation are developed and introduced at the prosthetic and orthopaedic enterprises. New types of products are constantly being invented. Upper limb prostheses with bioelectric control have already developed. Prosthetic and orthopaedic made out of plastic are widely used. They have high hygienic and other operational characteristics.

Rational prosthetics. Basic biomechanical prerequisites.

Prosthesis or orthopaedic apparatus interacts with the musculoskeletal system of a person. Their purpose — is perform the functions of support and movement.

Walking is a complex physiological process related with large overloads. Therefore, the procedure of prosthetics should take into account all factors and reduce energy consumption of walking. This is the basic rule that taken into account in the design of the prosthesis.

Reduction of kinematic and dynamic asymmetry.

Amputation or paralysis of the limb affects the position of the centre of mass of the body, the magnitude of moments of inertia and causes asymmetry of the walk. However, it is not only about aesthetic or psychological satisfaction but also about the construction of the prosthesis or orthopaedic device, in which walking would cause minimal kinematic and dynamic asymmetry between the movements of the preserved and prosthetic limbs.

Rational distribution of masses in the prosthesis and orthopaedic apparatus.

The prosthesis does not meet the requirements of minimizing energy consumption

when walking, the mass of which would be equal to the mass of the amputated part of the limb. However, studies have shown that too light weight prosthesis significantly affects the symmetry of movements. It can move faster than other limbs due to various factors (such as windy weather), etc. Rational distribution of mass in the prosthesis turns out to be preserved in satisfaction of requirements about the identity of the surviving movements of a prosthetic limb.

Let us consider the example with a person whose weight is 75 kg, the distance of the knee is 52 cm, the weight of the shoe is 0.4 kg. If a person has a Shin stump on the border of the lower and middle two-thirds, then the mass of the complex link is $75 \cdot 0,02 = 1.5$ (kg), the mass of the shin sleeve with the foot is $1.5 - 0.4 = 1.1$ (kg).

If the level of amputation corresponded to half of the thigh, the weight of the leg — foot — shoes will be the same (1.5 kg and without shoes 1.1 kg), but the position of the center of mass should be slightly higher, i.e. $0.57 \cdot 52 = 30$ (cm).

Experience has shown that the use of modern, tubular structures of the nodes of the knee and lower leg, plastic sleeves and feet with a central buffer allows you to build a prosthetic lower leg to a stump—from the border of lower and middle third and shorter, and the stump of the thigh: from half of the thigh and longer when the weight of a person about 60 kg or more with compliance the rational distribution of masses. For long stump of the lower leg according Pirogov, as well as the short stump of the thigh along the upper and middle third of the right nodes with a smaller mass.

If the mass of the complex link of the shin and foot — shoes are less calculated, i.e. does not correspond to the given data, easily achieve a rational distribution of mass by balancing. Balancing is that on the back surface of the Shin, in a strictly calculated place, strengthen the ballast load, the mass of which is the difference between the calculated and the actual mass of the complex link. The prosthesis is subjected to balancing previously disassembled in the knee joint. To determine the mass of the balancing load and the place of its installation, a simple device is required, the scheme of which is shown in figure II. The device can not only weigh the segment of the prosthesis, but also to determine its static moment.

According to the initial information about the person (weight, height, level of amputation), the calculated mass and static moment of the balanced segment of the prosthesis are determined.

Observations of patients show that the use of hip prostheses with a rationally distributed mass significantly reduces congestion and asymmetry of movement. Shin prostheses with a deep fit without a thigh sleeve satisfy these requirements (their parameters are usually close to the calculated mass and the position of the center of mass). Walking in such prostheses is characterized by much less fatigue. The doctor should approach the appointment of the type of prosthesis with sufficient skill to use the data with greater caution.

Prosthetics of limbs is a unique product. Just as dentures or glasses they are purchased, at first, limb prostheses are prescribed by a doctor, usually after consultation with the amputated parts, a prosthetic therapist and a physiotherapist. Then the doctor sets the patient's prosthesis on the damaged limb. Although some parts such as the socket are made to order, many parts (legs, pylons) are manufactured at the factory, sent to the prosthesis and assembled at the prosthesis site according to the needs of the patient.

The prosthesis should be designed as comfortable as possible, so it should be located as close as possible to the limb. Accuracy and attention to detail are important in the manufacture of prosthetic limbs. Before starting work on the production of a limb prosthesis, the doctor evaluates the amputated part of the body and produces a print or digital reading of the residual limb.

2 then the orthopedist measures the length of the corresponding body segments and determines the location of the bones and tendons in the rest of the limb. Then using the imprint and measurements he makes a plaster cast of the stump. Most often it is made of gypsum, because it dries quickly and gives a detailed view. A positive model is created from plaster casts-an exact duplicate-of the stump. [3]

3 In this process, the heated sheet is simply put over the top of the mold into the vacuum chamber. If necessary, the sheet is heated again. The air between the sheet and the mold is sucked out of the chamber, squeezing the sheet around the

mold and makes it to take the exact shape of the mold. This thermoplastic sheet is now socket dough; it is transparent so that the physician can check the fit.

4 Before making a permanent socket, the doctor works with the patient to make sure the test socket fits correctly. In the absence of legs, the patient walks with the test socket, and the prosthetist examines the gait. The patient is also asked to explain how it is felt; comfort comes first. The test socket is then adjusted according to the patient input and repeated. Since the material from which the test socket is made is thermoplastic, it can be warmed to make small adjustments in shape. The patient may also be equipped with thicker socks for a more comfortable fit.

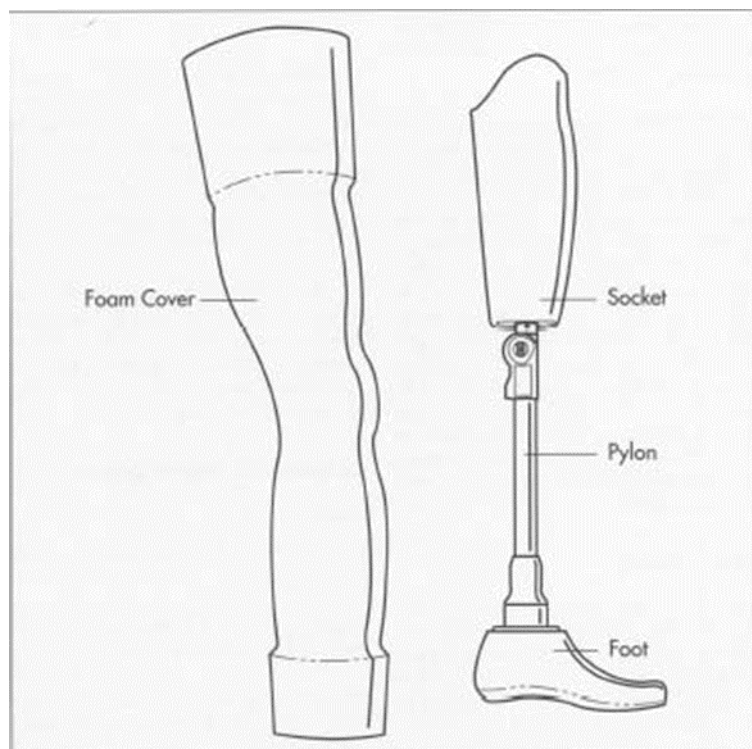


Figure 1 A typical artificial limb, in this case the prosthesis is above the knee.

5 Permanent socket.

Since it is usually made from polypropylene, it can be vacuum-formed over the mold in the same way as the test socket. Usually the stump shrinks after surgery, stabilizes after about a year. It is necessary to change the socket of the prosthesis when anatomical changes occur.

A method of manufacturing prosthesis

There are many ways to manufacture parts of prosthetic limbs. Plastic parts, including soft-foam parts used as liners or gaskets are made in conventional plastic

forming techniques. These include vacuum forming (see 3 above), injecting the mold — pour the liquid plastic into the mold and allow it to cool — and pressing, in which the plastic is pulled through the shaped die. Titanium or aluminum pylons can be molded under pressure; in this process, the liquid metal is fed into a steel matrix of the correct shape. Wooden parts can be planed, sawed and drilled. Different components are put together in a variety of ways, using bolts, adhesives etc.

6. The entire limb is assembled by the prosthetist using tools such as a torque wrench and a screwdriver to secure it.

Prosthetics were considered in this chapter. Prosthetic techniques were analyzed and used in the practical part of the final qualifying work. The primary prosthesis for humans served as the basis for the creation of a prototype for animals.

Section 3.1 Veterinary services for prosthetics in Russia

There are only a few options to help sick animals at the moment in Russia. Prosthetics using a titanium implant is the most effective.

This technique is used in Novosibirsk. It is the implantation of an individual prosthesis into the patient's limb with its further fusion with the bone and skin. Due to the unique composition and specially designed coating, the prosthesis is not rejected, does not bother the animal and with full engraftment is a natural extension of the paw. The implanted prostheses become "part of the body" of the patient, allowing the full use of the lost limb. Animals can play, jump, and due to the fact that the implant is complemented by an external 3D copy of healthy limbs, attached paws outwardly become indistinguishable from healthy. Such a complex technology, the creation of internal and external-adapted to a healthy limb paws, is applied in several veterinary clinic in the world.

In what cases can it help?

- In case of injuries to dogs and cats with traumatic injury / amputation of the front, rear or all 4 paws below the wrist joint or at the level of the wrist, as well as below the hock joint and at the level of the fingers on the back limb. The best candidates for such an operation may be animals who have lost 2 forelimbs or 2 hind limbs.
- With tumors of the bones and soft tissues of the lower extremities. Also, this operation can be performed in animals with tumor lesions in the phalanges of the fingers, wrists, metacarpals on the front and hind limbs.
- In congenital deformities of the limbs. This operation can also help animals with congenital anomalies and deformities of the lower limb bones. Patients who suffer from such complex and incurable pathologies as ectrodactyly (underdevelopment of the finger phalanges ("claw-like hand")), hemimelia (congenital absence of forearm / Shin bones), today we can try to be able to offer an alternative to amputation.

Removable prosthesis for animals in Russia.

After analyzing the Internet sources, I have been found only 7 companies that are engaged in the manufacture of prostheses.

After analyzing the Internet sources, I have found only 7 companies that are engaged in the manufacture of prostheses.

a) Veterinarians in Moscow WITMER.

Today the veterinary clinic " WITMER " offers prosthetic planning for pets in case of partial lesion of the joints (introduction of the prosthesis of synovial fluid without surgery) and joint replacement for the complete replacement of the diseased joint.

b) The prosthetic plant decided to experiment in Yekaterinburg. Previously, the company produced prostheses, supporting devices, crutches and wheelchairs exclusively for people. Then they started making prosthetics for animals. The institution has helped many animals to stand on their feet.

c) Instead of euthanasia of sick animals, the doctor Alexander Starikov "returns" their lost limbs. This is reported by the newspaper "Family and home". He wanted to be a doctor since his childhood, but in his youth he thought that it was easier to treat animals than people. Alexander cared for dogs in one of the security firms after graduating from veterinary schools in Rozhech for 18 months. Then he worked in a pharmacy in a veterinary clinic for almost three years. The man constantly helped doctors. Alexander says that this experience is invaluable, because he is convinced that specialised education forms a specialist only 30 %, and 70 % depends on practice. Now Alexander Starikov is a co-owner of a private veterinary clinic.

His patient (dog) became seriously ill. And the process of tissue dying has begun. The fingertips even dried up on one of the paws. And the doctor started acting.

The owner of the dog was very upset and wanted to perform euthanasia, but Alexander convinced to try the prostheses. He knew it was a huge risk because the consequences of injecting a foreign body into an animal's body could be

unpredictable. After much hesitation, Alexander began to work. The production technology was the same as it is used to create dentures. The dog was only seven months old, so the body received the prosthesis well. Now the dog has grown, so the owner will have to produce more artificial feet.

However, the biggest problem is not animal disease. It is the reluctance of their owners to be treated. Alexander Starykov admits that usually owners ask to euthanise seriously ill pets. In his opinion, even if a dog or a cat lost one paw, it is not necessary to kill the animal immediately. If there are no means to make a prosthesis, the animal is able to exist on three legs. The veterinarian constantly has to convince people not to take the lives of home friends. You have to try to use one chance out of a hundred to save them.

D) Production and sale of orthopaedic products are located in Sevastopol. Consulting a podiatrist is also available. The prosthesis can be made on an individual basis.

E) Frakishtak is a company specialising in wheelchairs, rehabilitation facilities, accessories and other products for animals with special needs (Kiev). This company offers a wide range of products that will help facilitate the care of animals during the rehabilitation period, as well as lifelong care of animals with special needs.

Years of experience in keeping disabled dogs have helped to develop the most comfortable wheelchair and a set of other means for the care of disabled animals. They facilitate and simplify the life of both the animal and its owner.

The positives of using temporary prostheses

We treasure our pets and, as responsible and compassionate pet owners, we will do everything we can to allow them to continue living their full life. In the face of accidents, old age, genetics, or even birth defects, there are opportunities to cope with your dog's discomfort or pain. Animal prosthetic and orthotic solutions can elevate the quality of life for people and their pets. Here are five major benefits of prosthetics and braces for animals.

1. Alternative to Surgery

Surgeries are painful, invasive, and can require large amounts of recovery time. As much as you love your family pet, surgery can sometimes just be out of reach. Dog braces offer the perfect solution and can help to avoid or prevent both minor and major surgeries. If surgery is absolutely unavoidable, braces can also be used post-op to assist with faster healing and prevent repeated injury.

2. Cost Effective

Being able to avoid expensive surgeries, more severe injuries, and alternative treatments makes prosthetics and braces a long-term, cost-effective decision. By ignoring mobility issues or discomfort that your dog is having now, you could be setting them up for a pricier and more involved injury later. Take the initiative and save yourself the grief and cost in the long run!

3. Durable & Customized Fit

When you invest in a top-of-the-line licensed prosthetist or orthotist, you know that you're getting high quality materials and technologies to withstand all that a dog can throw at them. Even better, they can work together with you and your vet to ensure that the new brace or prosthetic meets all of their functional and therapeutic needs.

4. Provides Support & Increased Mobility

Dogs with missing limbs, arthritis, joint deviations, or other injuries or discomfort can have increased issues with getting around. It can make simple acts such as walking or jumping onto the couch impossible. Prosthetics and braces minimize discomfort, provide support and stability, increase mobility, and prevent further stress.

5. Promotes a Happy & Healthy Life

Providing your dog with their unique prosthetic or orthotic solution is about more than just healing and mobility – it's about giving your pet the quality of life they deserve. With a brace or prosthetic, your dog can live a happy and healthy life with all of the running, jumping, and playing that they want. Injuries or issues can have a mental effect on dogs and this helps to create a natural, normal sense of life.

Dogs are more than just pets; they're part of the family and deserve the absolute best care that we can offer

In this section, the market for prosthetic services has been analyzed. The spread has been detected in Russia. In addition, the relevance of the use of temporary prosthetics is proven. Implants are the most effective, but temporary prostheses are more accessible and less painful.