



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 54.04.01 «Дизайн»

ООП/ОПОП _____

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
<i>Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования</i>

УДК 658.512.2:615.47

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Серяков В.А.	к.т.н., доцент		

Со-руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хмелевский Ю. П.			

Со-руководитель ВКР (по разделу «Концепция стартап-проекта»)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Галанина Е. В.	к.ф.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю. М.	д.т.н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е. В.	к. т. н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Кухта М. С.	д. ф. н., профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять знания в области истории и теории искусств, истории и теории дизайна в профессиональной деятельности; рассматривать произведения искусства и дизайна в широком культурно-историческом контексте в тесной связи с религиозными, философскими и эстетическими идеями конкретного исторического периода
ОПК(У)-2	Способен работать с научной литературой; собирать, анализировать и обобщать результаты научных исследований; оценивать полученную информацию; выполнять отдельные виды работ при проведении научных исследований с применением современных научных методов; самостоятельно обучаться; приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения; участвовать в научно-практических конференциях; делать доклады и сообщения
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать концептуальную проектную идею; синтезировать набор возможных решений и научно обосновать свои предложения при проектировании дизайн-объектов, удовлетворяющих утилитарные и эстетические потребности человека (техника и оборудование, транспортные средства, интерьеры, среда, полиграфия, товары народного потребления); выдвигать и реализовывать креативные идеи
ОПК(У)-4	Способен организовывать, проводить и участвовать в художественных выставках, конкурсах, фестивалях; разрабатывать и реализовывать инновационные художественно-творческие мероприятия, презентации, инсталляции, проявлять творческую инициативу
ОПК(У)-5	Способен осуществлять педагогическую деятельность по программам профессионального образования и дополнительного профессионального образования
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен проводить комплексные предпроектные исследования по обеспечению эргономических требований при создании объекта промышленного дизайна, формулировать проектное задание
ПК(У)-2	Способен анализировать современные тренды в области промышленного дизайна, влияющие на формирование проектируемого объекта, прогнозировать тенденции развития разрабатываемого объекта; выявлять

	потребности рынка и запросы основных групп потребителей разрабатываемого объекта
ПК(У)-3	Способен формулировать проектное задание, осуществлять разработку дизайн-проектов на основе системного подхода с использованием современных технологий визуализации, макетирования, конструирования и моделирования
ПК(У)-4	Способен выполнять сложные работы при проведении исследований в области проектирования с учетом применения новых материалов, технологий



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 – 54.04.01 «Дизайн»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Кухта М.С.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ11	Михнёву Денису Андреевичу

Тема работы:

Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 34-92/с от 03.02.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2023

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.).

Цель научного исследования:

разработка тренажёра-вертикализатора для реабилитации с использованием бионики. При этом материалы и изготовление корпуса должны быть технологичными и прочными. Реабилитационный тренажёр должен быть эргономичным.

Объект исследования: Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного

	<p>оборудования</p> <p>Предмет исследования: Реабилитационный тренажёр</p> <p>Требования: Тренажёр должен удовлетворять требованиям к проектированию медицинского реабилитационного оборудования</p> <p>Область применения: реабилитационный центр, домашнее использование</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор по литературным источникам: выявление требований и ограничений к проектируемому объекту на основе ГОСТов, стандартов и правил безопасности. Обзор научных статей, патентов и аналогов по теме бионики.</p> <p>Основная задача проектирования: Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования</p> <p>Содержание процедуры проектирования: проведение патентного поиска и поиска аналогов сушки для тела человека на предмет имеющихся решений; проектирование устройства на основе полученных результатов исследования, применение принципов бионики в проектировании реабилитационного тренажёра; анализ итогового решения с помощью методов эргономического исследования.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Два демонстрационных планшета формата А0, демонстрационный ролик, презентационный материал,</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Дизайн-исследование объекта проектирования</p>	<p>Серяков Вадим Александрович</p>

Концепция стартап-проекта	Галанина Екатерина Владимировна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Приложение А. Раздел магистерской диссертации на иностранном языке	Персидская Анастасия Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Глава 2. Проектно-художественная часть	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Серяков Вадим Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич		



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 (ООП)– 54.04.01 «Дизайн»

Уровень образования – Магистратура

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич

Тема работы:

<i>Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	07.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Серяков В.А	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель ОАР	Хмелевский Ю.П.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР	Кухта М.С	д.ф.н.,		

ИШИТР		профессор		
Обучающийся				
Группа	ФИО		Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич			

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление	54.04.01 «Дизайн»

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
<i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i>	Создание функционального реабилитационного тренажёра для инвалидов с проблемами опорно-двигательного аппарата
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	В качестве закрепления авторского права на изобретение, предполагается оформить патент на промышленный образец
<i>Объем и емкость рынка</i>	Оценка количества пользователей-инвалидов, общественных организаций, помогающим людям-инвалидам
<i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>	Область медицины обширна, в мире существует достаточно много людей-инвалидов с проблемами опорно-двигательного аппарата, которые не могут получить должного лечения или продукта, который мог бы им помочь в реабилитации
<i>Себестоимость продукта</i>	Себестоимость продукта рассчитана для объема выпуска 10 ед. с учётом всех материальных, трудовых и транспортных затрат
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта</i>	Преимущества перед конкурентами: цена, визуальный образ, использование в конструкции бионики
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	Описание целевых сегментов потребителей разрабатываемой ТСР, а также предполагаемые типичные ситуации, которые приведут пользователя к разрабатываемой ТСР

<i>Бизнес-модель проекта</i>	Общая бизнес-модель проекта, планирование потоков доходов и расходов по проекту
<i>Производственный план</i>	Планирование работ по дням и их этапам
<i>Стратегия продвижения продукта на рынок</i>	Онлайн и офлайн продвижение продукта, участие в выставках, форумах и ярмарках по медицинской тематике
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы (например, бизнес-модель)</i>	Бизнес-модель

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

Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Галанина Е. В.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Д.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич

Тема магистерской диссертации: Использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	54.04.01 «Дизайн»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Объект исследования: реабилитационное оборудование</p> <p>Область применения: медицина</p> <p>Рабочая зона: офис, производственное помещение</p> <p>Размеры помещения климатическая зона: 4*6 метров, от 15 до 30 градусов, освещение искусственное – лампа светодиодная дневного света (белый холодный цвет 4800К);</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: тренажёр для реабилитации</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: занятия на тренажёре дома или в специальном центре реабилитации</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	<p>Вредные факторы:</p> <p>1.1. Недостаточная освещённость;</p> <p>1.2. Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</p> <p>Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.4.Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>2.Опасные факторы:</p> <p>2.1.Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, Rзаземления, СКЗ, СИЗ; Приведен расчет освещения рабочего места;</p> <p>2.2.Пожароопасность, категория</p>
---	--

	пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> Выбросы в окружающую среду Решения по обеспечению экологической безопасности 	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ol style="list-style-type: none"> перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.04.2023 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю.М.	д.т.н., профессор		30.04.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич		16.04.2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 137 страниц, 11 таблиц, 64 рисунка, 7 табл., 50 источников информации, 1 приложение.

Ключевые слова: реабилитационное оборудование, дизайн, бионика, проектирование, тренажёр.

Объектом исследования является использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования.

Целью выпускной квалификационной работы является использование бионики в разработке дизайна реабилитационного оборудования.

В процессе работы был изучен и спроектирован одностоячатый реабилитационный тренажёр-вертикализатор. В реабилитационном оборудовании разработано концептуальное решение общей конструкции изделия и внутренней конструктивных деталей изделия. В тренажёре спроектирована система крепления модульных элементов и обосновано колористическое решение проектируемого объекта. Подготовлена графическая часть для презентации проекта, создан презентационный видеоролик и демонстрационный планшет.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	17
1 Научно-исследовательская часть.....	19
1.1 Основные тенденции использования бионики в промышленном дизайне реабилитационного оборудования	19
1.2 Анализ тенденций использования бионики в проектировании реабилитационного оборудования	23
1.3 Кольца Гиппократы	23
1.4 Доска Галена.....	25
1.5 Аппарат Цандера.....	26
1.6 Ортезная система	26
1.7 Визуальная оценка формы и колористического решения	27
1.8 Обоснование выбора колористического решения.....	28
1.9 Обоснование выбора формы с учётом эргономики и антропометрии.....	33
2 Проектно-художественная часть	39
2.1 Использование метода семантического дифференциала в визуальной оценке формы и колористических решений в эскизах дизайна реабилитационного оборудования	39
2.2 Тренажёр 3	33
2.3 Тренажёр 1	44
2.4 Тренажёр 2	49
3 Разработка художественно-конструкторского решения	53
3.1 Строение тела кенгуру - как конструкция.....	53
3.2 Строение тела птицы - как конструкция	55
3.3 Строение дерева - как конструкция	57
3.4 Разработка схемы конструкции тренажёра на основе анализа строения биологической формы.....	59
3.5 Выбор концептуального решения многослойной внутренней конструкции жёстких несущих элементов оборудования на основе биологической формы — внутреннее строение бедра человека	60
3.6 Выбор концептуального многослойной решения внутренней конструкции фиксирующего элемента реабилитационного оборудования - упора тазани.....	65
3.7 Доработка конструкции реабилитационного оборудования на основе выбранных концепции биологических форм	67

3.8	Выбор колористического решения основных элементов реабилитационного оборудования, используя биологическую форму — строение дерева	74
3.9	Планшет.....	77
3.10	Создание видеоролика	78
4	Концепция стартап-проекта	79
4.1	Название продукта	79
4.1.1	Описание продукта, как результат НИР	80
4.1.2	Защита интеллектуальной собственности.....	81
4.1.3	Объём и ёмкость рынка реабилитационного оборудования	82
4.2	Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли... ..	87
4.2.1	Планируемая стоимость продукта, а также производственный план	88
4.2.2	Конкурентные преимущества создаваемого продукта, сравнение технико-экономических характеристик с отечественными и мировыми аналогами	91
4.2.3	Бизнес-модель проекта. Производственный план и план продаж	96
4.2.4	Стратегия продвижения продукта на рынок.....	97
4.3.	Выводы по разделу	100
5	Социальная ответственность.....	101
5.1.	Производственная безопасность	101
5.1.1.	Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	101
5.1.2.	Превышение уровней шума	103
5.1.3.	Повышенный уровень электромагнитных излучений	104
5.1.4.	Недостаточная освещённость	105
5.1.5.	Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, Rзаземления, СКЗ, СИЗ; Поражение электрическим током	109
5.1.6.	Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации	110
5.1.7.	Экологическая безопасность.....	113
5.1.8.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	114
5.1.9	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	115
5.1.10	Выводы по разделу	116

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	125

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, человек всё дальше отдаляется от природы, причиной этому является стройка городов, развивающаяся промышленность и современные технологии. Однако предметы и объекты, которые используются людьми повседневно во многом заимствованы именно от природы. Например, в авиации можно проследить заимствование формы и функции самолёта с тела птиц, яркие цвета в природе, обычно используют ядовитые животные, люди же, в одном из вариантов используют яркие цвета при добыче полезных ископаемых, чтобы замечать специальную технику, поскольку непримечательный цвет может нести угрозу жизни человека.

Бионика - как направление и её бионические принципы, при детальном их рассмотрении и грамотном использовании, могут улучшить жизнь человека, как говорил известный итальянский художник и учёный - Леонардо Да Винчи: «Природа так обо всем позаботилась, что повсюду ты находишь, чему учиться» [1].

Корпус реабилитационного тренажёра является необходимым элементом конструкции и несёт, прежде всего, опорную функцию и функцию основания, однако может максимально отвечать потребностям потребителя за счёт добавления функции модульности и лаконичного дизайна.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка тренажёра-вертикализатора для реабилитации с использованием бионики. Определённые части тренажёра должны быть модульными, вариативными, иметь единый визуальный образ, стиль. При этом материалы и изготовление корпуса должны быть технологичными и прочными. Реабилитационный тренажёр должен быть эргономичным.

Для достижения цели были поставлены задачи:

- 1) изучение теоретического материала по тематике бионики;

2) изучение теоретического материала в применении формообразования и колористического решения на основе бионических методов;

3) изучение теоретического материала в теме особенностей дизайна реабилитационного оборудования;

4) изучение и использование цветовых сочетаний и форм бионических объектов для дизайн-проектирования реабилитационного оборудования;

5) исследование бионических форм для использование их свойств в дизайне реабилитационного оборудования;

6) создание эскизных решений и их анализ на основе бионических методов;

7) создание и проведение опроса по визуальному восприятию эскизных решений с использованием метода семантического дифференциала;

8) анализ и подведение итогов опроса эскизных решений с использованием метода семантического дифференциала;

9) выбор и использование свойств бионических форм в разработке конструкции реабилитационного оборудования;

10) создание 3D-модели проектируемого оборудования;

11) определение необходимых материалов и технологии производства;

12) создание презентационного видеоролика;

13) расчёт финансовой стоимости проекта;

14) оценка критериев безопасности при разработке и эксплуатации изделия;

15) подведение итогов выполненной работы.

1 Научно-исследовательская часть

1.1 Основные тенденции использования бионики в промышленном дизайне реабилитационного оборудования

Бионика — это направление в биологии и кибернетике, которая изучает особенности строения и жизнедеятельности организмов, с помощью которой, создаются новые приборы, механизмы, системы и совершенствуются уже существующие технологии. Бионика как наука сформировалась во второй половине двадцатого века. Смотри на морских животных учёные впечатлялись быстротой, пластичностью и ловкостью дельфинов, китов, кальмаров. Учёные наблюдали также незрячими кротами, как они существуют, не используя органы зрения, анализировали зрение мух, так как её зрение и реакция намного быстрее и обширнее, чем у человека. На основе изучения бионики лежит раскрытие "секретов" живой природы. Большинство механизмов были успешно проанализированы учёными и биологами, однако большинство природных функций не удаётся повторить в современном мире. Одним из примеров использования бионических принципов в жизни человека - являются снегоходы, основанные на исследовании покрытия лап пингвинов, а также их походке [2].

Одним из примеров использования бионики в жизни человека можно выделить стволую архитектуру. «Роль стебля - главным образом архитектурная: это твёрдый остов всей постройки», - говорил великий русский учёный К. А. Тимирязев [3]. Анализируя строение растений, можно сказать что природа является «архитектором» ведь стволуая система большинства растений выполнена по всем правилам строительной техники. Ярутка Полевуая из семейства крестоцветных является примером такой структуры.

Если проанализировать срез стебля, то можно увидеть, что при минимальной площади опоры к земле, высота ствола стебля достаточно

высокая. Данные механизмы используются в основном в конструкциях дымовых труб, однако в природе имеются примеры растений, которые ставят учёных в тупик, например растение аконит или борщевик. Особенность данных растений в том, что цветочные соцветия цветка превышают диаметр стебля в несколько десятков раз, при этом обеспечивая равномерную нагрузку на стебель, даже при качании от ветра, человеку ещё не удалось повторить данное творение природы, по причине создания непрочных конструкций и соблюдения баланса.

Анализируя форму объекта, будь то животное или растение и его функции, можно сказать о том, что данные функции невозможны друг без друга. При росте живых организмов, постепенно тело и ткани изменяются, за счёт роста объекта. Элементы, которые поддерживают структуру, например корни и стебли растений, природа распределяет питательные и силовые строительные материалы по линиям максимального напряжения, например изгиба или начала соцветия. Данные элементы составляют основную массу тела, что позволяет растению распределить основную нагрузку в центр ствола. Одной из распространённых форм опорной конструкции в природе является конусность. В живой природе конусные формы можно встретить в виде крон деревьев, стволов, грибов, шишек, раковин ракушек, соцветий цветов, вершин гор и моркови.

Одним из типов конусообразных форм является тип стабильности, который соответствует устойчивому конусу или гравитационному конусу (конус основанием вниз). Для противостояния ветру и силе тяжести данная форма является лучшей, так как является более устойчивой.

Данная форма хорошо просматривается в кроне и стволе ели, на шляпках и ножках белых грибов, грибов-зонтиков, ракушках.

Второй тип выражается в форме динамического конуса (конус основанием вверх). Примерами таких конусов роста являются некоторые

грибы, слоевище лишайника кладония, яма-ловушка муравьиного льва, семена одуванчика и др.

Наиболее часто в природе встречается сочетание двух типов. Примером такого сочетания можно определить баобаб, драконово дерево и многие другие деревья.

Из искусственных сооружений важным примером комбинации двух конусов является водонапорная башня, построенная известным русским архитектором В. Шуховым (рисунок 1).



Рисунок 1 – Шаболовская башня В. Шухова в Москве [4].

Одним из уникальных творений природы можно назвать летательный аппарат насекомых. Быстрее всех летает стрекоза-дозорщик, она может развивать скорость до 144 км/час.

Если сравнивать относительную скорость полёта насекомых и самолёта, то есть скорость, отнесённую к длине летящего устройства, то у насекомых намного больше, а относительный расход горючего на единицу массы – значительно меньше.

Полёт насекомых особенно удивителен своей манёвренностью. Например, бабочка-языкан на лету останавливается перед цветком, чтобы собрать нектар. Некоторые насекомые могут передвигаться в воздухе не только вперёд, но и назад, вправо, влево, вверх и вниз, например стрекозы, бабочки бражники, пчелы, осы.

В сравнении авиационной техники и насекомых, техника оказывается проигравшей стороной, так как сравнивая экономичность полёта, можно сказать о том, что коэффициент полезного действия у насекомых выше в несколько сотен раз, чем у самолётов.

Глаза животных обладают уникальными свойствами, например, глаза хищных птиц отличаются большой зоркостью - зрение канюка в 8 раз острее, чем у человека, способность видеть сквозь туман и дымку присуща многим птицам. Отличительными способностями голубя является, например, что он может смотреть на солнце не мигая, а также избирательно воспринимать объекты, движущиеся в определённом направлении.

Уникальные способности птиц используются на заводских конвейерах для обнаружения почти микроскопического брака, не видимого глазом человека. Так, для распознавания объёмных предметов проектируется оптический прибор (оптический фильтр) на основе устройства глаза голубя.

В дальнейшем исследовании будет рассмотрено использование бионических форм в проектировании реабилитационного оборудования. Анализ использования бионики будет осуществляться по выбранным критериям: функциональность и визуальное восприятие. Под функциональным критерием будут рассмотрены особенности использования в проектировании реабилитационного оборудования функциональных свойств бионических форм, а под критерием визуального восприятия - насколько проектируемые изделия используют визуальные признаки бионических форм такие как композиционное и колористическое решение.

1.2 Анализ тенденций использования бионики в проектировании реабилитационного оборудования

1.3 Кольца Гиппократата

Древнегреческим «отцом медицины» считается Гиппократ (около 460 года до н.э.) Он придумал не мало изобретений, для реабилитации людей с дефектами тела. Рассмотрим одно из изобретений - автономное вытяжение в кольцах Гиппократата. Данное изобретение помогало излечить переломы и неправильное срастание костей, путём неподвижной фиксации, между суставами (рисунок 2) [8].

Рассмотрим представленный объект с точки зрения выбранных критериев. С точки зрения функционала, в устройстве заметно использование функциональных особенностей элементов скелета человека, где два жёстко закреплённых стержня являются временной, конструктивной заменой большой и малой берцовых костей. С точки зрения визуального восприятия изделие выглядит достаточно тектонически продуманным что характерно живым организмам, то есть в его конструкции наблюдается взвешенный выбор количества материала.

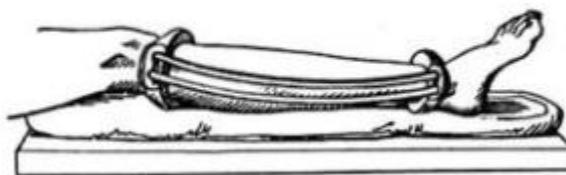


Рисунок 2 – Автономное вытяжение в кольцах Гиппократата [8].

1.4 Доска Галена

Ещё в древней Греции люди пытались соорудать конструкции для исправления дефектов человеческого тела. Одним из первых аппаратов можно рассмотреть аппарат Галена (2 век н.э.) - он служил для исправления

деформации позвоночника на устройстве, аналогичным доске Гипократа. Исправление осанки осуществлялось путём оказания давления на спину пациента. Давление могло осуществляться ладонями человека либо с помощью специально разработанного устройства работающие по принципу рычага представляющие собой доску, прикреплённые к стене (рисунок 3) [6].

Рассмотрим данное устройство с точки зрения выбранных критериев. С точки зрения функционала, в устройстве заметно использование элемента рычага, что в свою очередь является бионическим принципом. Система рычага используется в опорно-двигательной системе человека и животных. В природе рычаг используется у растений для поддержания их в вертикальном положении. С точки зрения визуального восприятия изделие выглядит достаточно тектонически продуманным что характерно живым организмам, то есть в его конструкции наблюдается взвешенный выбор количества материала.



Рисунок 3 – метод Галена для исправления деформации позвоночника, путём приложения давления с использованием доски, прикреплённой к стене [6].

1.5 Аппарат Цандера

В середине 19 века молодой шведский физиотерапевт, выпускник медицинского факультета Упсальского университета - Густав Цандер (1835-1920 годы) был учеником и последователем своего соотечественника Генрика Линка (основателя первого гимнастического института в Стокгольме), который предложил лечить некоторые заболевания с помощью определённых физических упражнений.

Важное место в системе Линка занимали упражнения с партнёром или инструктором — гимнастика противодействия.

Цандер, справедливо предположив, что человеку сложно регулировать свои усилия, заменил партнёра механизмом.

Так, в 1857 году были изобретены механогимнастические аппараты. Спустя год тридцатилетний доктор медицинских наук Цандер основал в Стокгольме первый в мире медико-механический институт [9].

Рассмотрим представленный на рисунке четыре механогимнастический аппарат Цандера с точки зрения выбранных критериев. С точки зрения функционала наблюдается заимствование в строении скелета живых организмов. Наиболее близким по конструктивному стоянию можно определить скелет человека где позвоночник является основной опорой на которой размещаютсядвигающиеся элементы верхние и нижние конечности (рисунок 4). В тренажёре Цандера заметно прослеживается тоже конструктивное устройство — это основная несущая стойка и установленные на неё движущиеся элементы. С точки зрения визуального восприятия изделие выглядит достаточно тектонически продуманным, что характерно живым организмам, то есть в его конструкции наблюдается взвешенный выбор количества материала. Хотелось бы выделить стилистические решения в разработанном объекте - это спицы вращательных колес в виде ветвей дерева. Вышепредставленный приём говорит о использовании бионики в разработке изделия.



Рисунок 4 – Аппарат Густава Цандера (1835-1920) [10].

1.6 Ортезная система

В современном мире различные аппараты для реабилитации достаточно распространены. Существуют аппараты для исправления опорно-двигательного аппарата, конечностей рук, ног, позвоночника. Рассмотрим ортезную систему которую используют для реабилитации пациентов с параличами после травмы позвоночника, инсультов и пациентов с ДЦП, а также данный тренажёр может использоваться в занятиях для поддержания хорошей физической формы организма и спортивных тренировок представленную на рисунке пять. Данный аппарат даёт возможность качания в параллельных направлениях. Поперек направлению качания установлен механизм для регулирования длины шага. Также установлена рама для рук, для сгибаний и разгибаний туловища в поясничном отделе пациента при его вертикальном положении (рисунок 5) [10].

С точки зрения функционала, в устройстве заметно прослеживается тоже конструктивное устройство скелета человека — это основная несущая стойка и установленные на неё движущиеся элементы кроме того представленном оборудовании используются элементы рычага, что является принципом бионики. Система рычага используется в опорно-двигательной

системе человека - две кости, соединённые суставом и мышца, прикреплённая к этим костям, представляют собой простой рычаг. В природе рычаг используется у деревьев, чем больше корни в земле, тем устойчивее дерево. С точки зрения визуального восприятия изделие выглядит достаточно тектонически продуманным что характерно живым организмам, то есть в его конструкции наблюдается взвешенный выбор количества материала.



Рисунок 5 – Ортезная система [11].

1.7 Визуальная оценка формы и колористического решения

В дизайне современных промышленных изделий выбор формы и цвета деталей объекта проектирования играет большую роль, но в зависимости от его основной функции и выбранного стиля, проектные решения могут быть разнообразны. Не секрет, что дизайнеры и конструкторы древних веков до современности при создании своих оригинальных изделий черпали вдохновение, наблюдая за бионическими объектами, окружающими их. Проанализируем свойства цвета и формы и определим их значимость в дизайне промышленных изделий на примере создания реабилитационного

оборудования. Однако цвет и форма в нашей жизни играют очень большую роль. Ещё в 1798 Гёте рассуждал о цветовых явлениях, которые вошли в его труды «Учение о цвете» (Farbelehre). Он посвятил данной книге более 40 лет своей жизни и высказался в письме Эккерману: «В своём столетии я единственный, кто в труднейшей науке учения о цвете знает правду, - вот это я ставлю себе в заслугу, и вот почему я сознаю своё превосходство над многими» [13].

Первые модели реабилитационного оборудования были достаточно просты по своей конструкции и по своему композиционному решению, не уделялось внимания в выборе колористического решения в разработке реабилитационного оборудования. Более новые конструкции реабилитационного оборудования усложнялось по своей конструкции и использованию бионических форм, появилась стилизация под бионику и декоративные элементы, на примере тренажёра Густова Цандера и начался процесс более продуманного использования колористического решения на основе бионики, как функционально, так и визуально стимулировали к занятию на реабилитационном оборудовании. По итогу использования бионики в конструкции аппаратов учёные пришли к выводу, что использование сложных бионических форм помогает реабилитантам в восстановлении.

1.8 Обоснование выбора колористического решения

Цвет — это, в первую очередь, физическое явление. Если говорить научным языком, то это характеристика электромагнитного излучения особенного оптического диапазона — спектра. Возникает цветовосприятие на основе ощущений зрительного аппарата [14]. К примеру, светотерапия или цветотерапия может помочь человеку выйти из депрессии, повышая «гормон счастья» - серотонина у человека, который вырабатывается при виде света или солнечных лучей [15]. Помимо этого, цвет передаёт образное выражение сущности изделия, обеспечивая его связь с окружающей средой. Цвет может повлиять на реакцию, принятие определённого решения, на

определённое поведение. К примеру, в природе, многие животные используют цвет как маскировку. Хищники, например, львы используют свою шерсть песочного цвета, чтобы скрыться в сухой траве и песке, пумы - в густых, тёмных джунглях. Животные-жертвы также используют камуфляж, чтобы спрятаться от хищников. Гусеница-бабочка-барон использует цвет своего тела и прячется в листьях манговых деревьев поедая плоды (рисунок 6)



Рисунок 6 – Гусеница-бабочка-барон в маскировке [16]

Хамелеон или же осьминог могут менять свой окрас в зависимости от времени года, освещения, окружающей среды (рисунок 7) .



Рисунок 7 – Хамелеон маскируется под ветку дерева [17]

Однако не все животные используют цвет своего тела для охоты или маскировки. Павлины используют своё пышное, веерообразное и глазообразное оперение для привлечения внимания у самок, для защиты своей территории от других самцов и для защиты от хищников. Данное оперение можно рассмотреть не только в плане цвета, но и в плане формы. Павлин птица небольшая, но раскрыв своё оперение, он может отпугнуть хищника, поскольку птица за счёт оперения становится визуально больше в несколько раз (рисунок 8) .



Рисунок 8 – Павлин с раскрытым оперением [18]

В природе, помимо маскировки и охоты цвет имеет прямое отношение к жизни. Допустим зелёный цвет у растений - хлорофилл, является органом воздушного питания у растений [19]. Солнце попадает на лист растения, внутри листа происходят органические реакции с выделением глюкозы и из неорганических веществ воды и углекислого газа, что даёт «жизнь» и энергию для роста растения.

Глаз тоже можно рассмотреть со стороны цвета и формы. Многие животные, в основном хищники, очень хорошо видят в темноте. Допустим у кошек ночью глаза светятся зелёный цветом, а у крокодилов красным. Всё из-за мелких серебристых кристаллов, которые расположены на дне глаза. У разных животных кристаллы имеют разную форму и цвет, тем самым позволяя видеть в определённом спектре, например, инфракрасном или ночью (рисунок 9) .



Рисунок 9 – Зелёные глаза у кошки в темноте [20]

В нашем мире есть много заимствований цветов и формы от природы. К примеру, ядовитые или токсичные животные, как правило, имеют яркую, очень заметную окраску. Подобное мы можем наблюдать в нашей реальной жизни на примере ярких дорожных знаков или светофоров. На стройке автомобили или же установки красят в оранжевый цвет и оснащают звуковыми сигналами, чтобы люди ясно видели и слышали опасность, которая может быть рядом с ними. То же самое мы можем видеть на пожарных огнетушителях или пожарных установках, они все окрашены в яркий красный цвет.

Для человека цвет имеет психологическое и эстетическое значение. Цвет может как поднять настроение, стимулировать человека, успокаивать, вводить в творческую атмосферу или же провоцировать человека на агрессию или побуждать к какому-либо действию. Картина, написанная с выдержанными пропорциями цвета может заморозить зрителя на несколько часов. Про насыщенность цветов писал Гёте: жёлтый: фиолетовый = $1/4 : 3/4$; оранжевый: синий = $1/3 : 2/3$; красный: зелёный = $1/2 : 1/2$ [21].

Яркость цвета – важный элемент любого дизайна, влияющий на восприятие в целом, удобство при чтении текста, эмоциональное восприятие.

Во многом именно яркость определяет пространственное восприятие изображения. Яркость цветов важна для пространственного восприятия. Можно сказать, существует правило: фон должен контрастировать по яркости с объектами переднего плана.

Мир вокруг нас состоит из множества различных вещей, форм, цветов и звуков. На первый взгляд это разнообразие может показаться хаотичным, но это не так. Природа - это гармония и баланс. В некотором смысле цель дизайнера схожа с целью природы. То есть достижение баланса, гармонии и композиции во всем, что окружает человека. Однако гармония не является синонимом симметрии, и наоборот, излишняя педантичность в достижении симметрии может отвлечь от дизайна, сделав его скучным и безжизненным. Насыщенность определяется как степень, в которой данный оттенок содержит чистый или однородный цвет. Также используются такие схожие термины, как "интенсивность" и "цветность". Если в композиции или в конкретном объекте больше чистых цветов, то насыщенность будет соответственно выше. Если добавляются такие цвета, как черный или белый, интенсивность будет ниже. Чтобы создать гармоничную композицию, следует обратить внимание на цветовые значения, сочетания и насыщенность. Такие композиционные особенности, как баланс и гармония, можно определить как некую комбинацию между монотонным и хаотичным дизайном. Это связано с особенностью восприятия информации человеком, т.е. его мозг отторгает информацию, которую невозможно упорядочить или понять. Поэтому композиции с неравномерным использованием цвета или чрезмерным его использованием не могут привлечь внимание зрителя. [22].

1.9 Обоснование выбора формы с учётом эргономики и антропометрии

Дизайн - это особая художественная профессия, область самовыражения художника и форма искусства. Данная тенденция, противоположна функционализму и переносит понятие формы из сферы современного визуального искусства, которая в свою очередь фокусируется

на абстрактных формах. Дизайн представляется как свободная игра формы, вытекающая из внутренней мотивации художника к созданию определённой формы. У дизайна есть очень много направлений и различных приёмов, далее будут рассмотрены наиболее приоритетные направления как в промышленном дизайне, так и в целом для построения композиции и форм.

Динамичной считается форма, которая односторонне и активно направлена. Эта особенность композиции связана с пропорциями и отношениями размеров. Когда эти отношения более ровные, они характеризуются натюрмортом, который своими контрастами создаёт динамизм, и визуальное движение получается в большем направлении. Активные, однонаправленные формы являются предпосылкой для динамизма.

Например, куб производит статическое впечатление, а перпендикулярный параллелепипед - динамическое. Однако если параллелепипед положить на плоскость, то однонаправленная форма исчезает, и он превращается в статичный объем. В дизайне различных изделий не следует придавать динамизм вещам, которые не являются необходимыми с функциональной или дизайнерской точки зрения.

Также очень важно выразить единый масштаб динамизма в форме одного и того же объекта. Динамизм широко используется в автомобильном дизайне. Броскость динамичных форм привела к растущей тенденции к "динамизму" в изделиях, которые не имеют ничего общего с движением. Этот динамизм иногда противоречит функции самой вещи. Например, циферблат часов, которому придана динамичная форма, делает нечитаемыми только стрелки часов.

Определение статики можно использовать для подчеркивания устойчивости статического, неподвижного состояния и формы в любой структуре на ее геометрической основе. К статике относятся объекты с определенным центром или главной организационной осью симметрии. Рассматривая различные объекты с этой точки зрения, можно заметить, что

статика исключается из транспортных средств. Машины имеют как статические, так и динамические элементы. Мебель характеризуется более статичными формами, но также имеет асимметричные элементы, которые придают изделию или интерьеру динамичный характер. Статические композиции имеют свои особенности и закономерности развития. Целостность формы определяется рядом индивидуальных характеристик, которые отличают внешне идентичные объекты и принципы дизайна изделия. Стилистические особенности формы следует отличать от характера формы, а разнообразие - от разнообразия. Разнообразием может быть форма изделия в рамках одного стиля. Например, отдельные красивые элементы изделия должны быть подчинены этому целому, чтобы гармонизировать в единую общую композицию. Умение художника-дизайнера воспроизвести особенности общей формы должно быть частью работы. Основными инструментами композиции являются масштаб, пропорция, ритм, контраст и нюанс, цвет и оттенок.

При создании произведения искусства идея композиции должна быть определена с самого начала. Для этого определенные приемы составляют основу и постоянно развиваются другими композиционными средствами.

Для работы дизайнера, конструкция имеет большое значение, но не учитывая правила композиции, не получить ту гармонию, которая будет радовать глаз потребителя и отвечать задачам прибора. Дизайнеру нужно сделать так, чтоб человеку интуитивно было понятно, как обращаться с новым технологическим решением, то есть, с новым прибором или устройством. Всё разнообразие составляющих деталей необходимо объединить в единый облик.



Рисунок 10 – Неудачное изобретение суперкара [23]

Многие изобретения так и остаются на уровне идеи или попадая на рынок не находят своего покупателя. Товар может не заинтересовать потенциального покупателя, если визуальный образ объекта неприятен или не проработан. Сейчас в магазинах огромное разнообразие устройств с разными формами и колористическим решением, цветовая палитра может быть ориентирована под каждого индивидуально. В современное время, в интернете, можно достаточно просто найти такие неудачные примеры дизайнов. Например, в 2004 году человек начал дорогостоящее производство автомобиля мечты (рисунок 10). Большая работа велась над технической частью автомобиля, однако визуальный образ и конструкция корпуса автомобиля разрабатывались уже под конкретный технический кузов. Данный дизайн автомобиля не оценили потенциальные покупатели. Суперкар имел большую скорость и разогнался до 100 км/ч за 3 секунды. Однако сама конструкция была ненадёжной. Непродуманные соединения, огромные зазоры между кузовными панелями. Данное композиционное решение покупателям не понравилось и предприятие обанкротилось.

Поэтому творчество дизайнера неотъемлемо связана с работой конструктора, важна не только техническая часть, но важно учитывать

большие запросы потребителей, конструкторских и механиков.

Текстура материала зависит от его плотности и количества мелких искажений поверхности. Одно ограничение заключается в том, что поверхность слишком мала и гладка, чтобы быть визуально различимой. Другое ограничение заключается в том, что элементы текстуры воспринимаются как независимые морфологические элементы по своему размеру и их настолько мало, что все они хорошо различимы. В этом случае элементы текстуры поверхности уже являются элементами членения поверхности (рельефа). Быть тектоническим означает, прежде всего, быть материально и физически полноценным, т.е. быть твердой, устойчивой, жесткой и надежной структурой. Это также означает, что общий тип и характер сооружения, сложная внутренняя структура материалов будут отражены в его внешнем облике. Поэтому важно понимать, где и как распределяются основные массы и нагрузки, как сопротивляются им материалы объекта, как напряжены отдельные части, какие элементы являются несущими, а какие нет, является ли конструкция несущей, ограждающей или рабочей и каково ее совместное состояние. Тектоника формы также определяет, из каких основных материалов (материалов) изготовлена конструкция (металл, дерево, пластмасса), как она изготовлена (монолитная или сборная, литая или легкая, тонкостенная оболочка) и является ли она изделием или серийным производством. Задачей тектоники является, в частности, поиск сущности статической природы конструкции как системы уравновешенных сил в постоянстве и неизменности формы (строительные конструкции, предметы мебели) и, наоборот, динамической природы составляющих ее свойств в видимых особенностях изменчивости и подвижности формы (машины всех видов, станки). То есть. Она заключается в том, чтобы как можно яснее раскрыть образ вещи как силы, находящейся в движении. Выявленная форма должна была соответствовать своей функции и назначению. Формы и механизмы, скопированные с природы, использовались в инженерных, технологических и архитектурных идеях еще

столетие назад. Леонардо да Винчи работал над летающими машинами, основывая их на механизмах полета птиц. Бионические формы использовались в архитектуре на протяжении тысяч, если не сотен, лет. Однако традиционная форма и бионическая форма - это разные понятия. Основным методом архитектурной бионики является метод функциональной аналогии, при котором сравниваются принципы и средства формообразования в живой природе и архитектуре. Основным применением бионики в целом и бионической архитектуры в частности является моделирование строительства зданий и сооружений, в которых здание и его обитатели рассматриваются как единая биотехнологическая система, состоящая из живых и неживых элементов, объединенных общей целевой функцией. Одной из целей архитектурной бионики является создание гармоничного единства архитектуры и живой природы. Другой целью современной архитектуры является создание архитектуры, обладающей красотой, гармонией и функциональным оправданием, которые существуют в природе. Кроме того, важным аспектом для биодизайна является поиск архитектурных и технологических решений, позволяющих использовать экологически чистые виды энергии, такие как энергия солнца и ветра.

2 Проектно-художественная часть

2.1 Использование метода семантического дифференциала в визуальной оценке формы и колористических решений в эскизах дизайна реабилитационного оборудования

В данной работе представлено применение метода семантического дифференциала для оценки качества дизайна реабилитационного тренажёра. Обоснованность выбора данного объекта для оценки дизайна заключается в необходимости создания визуальной формы и цветового решения изделия, влияющих на эмоциональное состояние человека, способствующее скорейшей реабилитации [24]. Стоит отметить что метод семантического дифференциала направлен не на экспертов, а на обычных людей, которые должны оценить тренажёр по своим эмоциям, на уровне ощущений.

Проведём эксперимент в виде теста, используя метод семантического дифференциала и выявим насколько визуальное субъективное восприятие цвета и форм для современного человека соответствует гипотезам Гете, Люшера и Чидзиивы. Респондентам различного возраста и пола предлагается оценить каждый реабилитационный с точки зрения визуального восприятия по ряду бимодальных и десятибалльных шкал, полюса которых задаются при помощи антонимов. Для максимальной точности эксперимента бимодальные десятибалльные шкалы были подобраны так чтобы точно соответствовать или быть близким по значению определениям Гете, Люшера и Чидзиивы.

Бимодальные десятибалльные шкалы с точки зрения визуального восприятия были разделены на две группы:

Первая группа, это характеристики, с помощью которых непосредственно можно оценить оборудование с точки зрения визуального восприятия:

- 1) изящный - грубый;
- 2) позитивный - негативный;
- 3) красивый - безобразный.

Вторая группа, это характеристики, с помощью которых можно выявить скрытое эмоциональное восприятие человека, внешнего вида оборудования:

- 1) весёлый - грустный;
- 2) жизнерадостный - унылый;
- 3) приятный - противный.
- 4) живой - безжизненный.

Для точности анализа полученных данных в каждой шкале, расположенное слева определяется как визуально положительное и его максимальное значение соответствует 0 баллам, а определение справа определяется как визуально отрицательное и его максимальное значение соответствует 10 баллам.

В результате анкетирования, были получены результаты оценок и вычислены их средние значения по формуле:

$$O_{cp} = \frac{O_1 + O_2 + O_3}{n}$$

где O_{cp} – среднее значение оценки дизайна по семи шкалам с точки зрения визуального восприятия,

O_1, O_2, O_3 – оценки каждого респондента и n – количество респондентов.

Данные о субъективных оценках дизайна трёх реабилитационных тренажёров с точки зрения были сформированы в виде таблицы 1.

Таблица 1. Среднее значение оценки дизайна по семи шкалам с точки зрения визуального восприятия

№	Бимодальные десятибалльные шкалы	Тренажёр 1	Тренажёр 2	Тренажёр 3
1	Весёлый - грустный	5,2	4,3	5,3
2	Изящный - грубый	4,4	4,1	5,6

Продолжение таблицы - 1 Среднее значение оценки дизайна по семи шкалам с точки зрения визуального восприятия

3	Позитивный - негативный	4,8	4,5	5,4
4	Приятный - противный	5,4	4,5	5,5
5	Жизнерадостный - унылый	4,6	4,3	5,7
6	Живой - безжизненный	4,4	4,1	5,1
7	Красивый - безобразный	5	4,6	5,8
	Итого	34,1	30,6	38,7

Для наглядности восприятия по итогам Таблице 1 был построены графики оценки дизайна тренажёров с точки зрения визуального восприятия, (рисунок 11) .

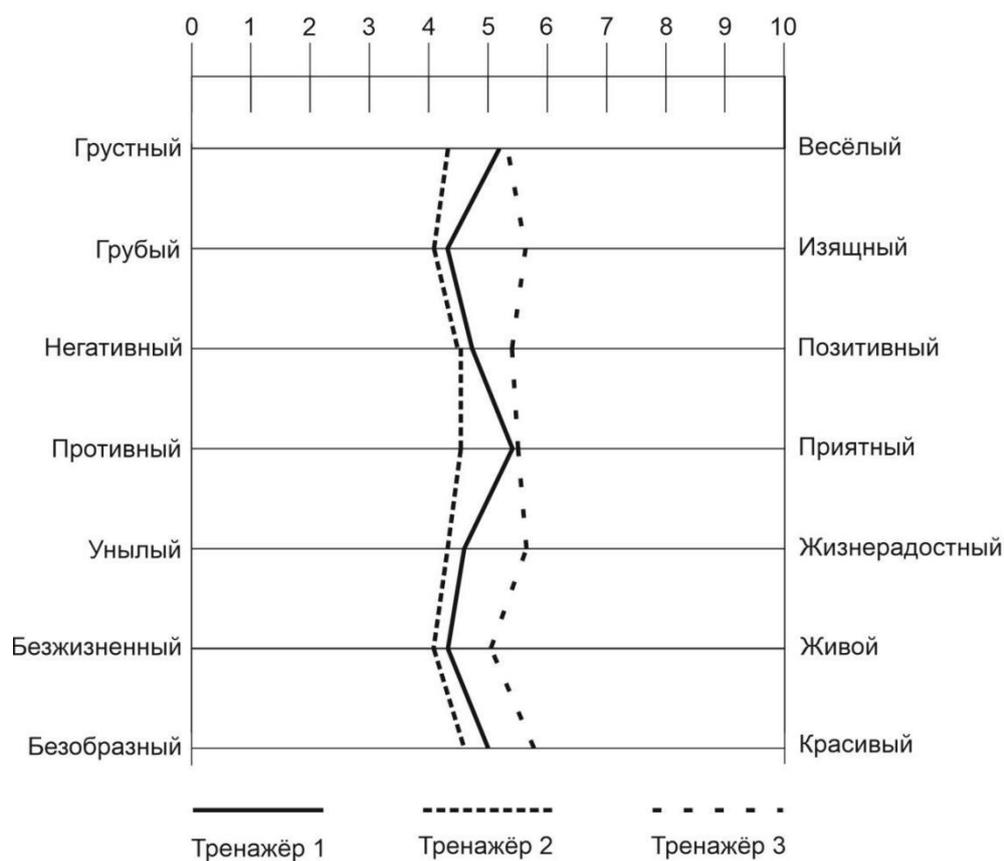


Рисунок 11 – Графики оценки дизайна тренажёров с точки зрения визуального восприятия

Первое эскизное решение было создано на основе бионических методов проектирования, используя пластичные формы и множество декоративных элементов. В колористическом решении также использовались бионические оттенки, это - тёплый бежевый цвет на движущих элементах, зелёный цвет - на элементах фиксации человека и белый - основной цвет корпуса изделия.

Во втором эскизном решении хотя использовался бионический метод проектирования в выборе каркаса изделия, но его элементы в большей степени имеют геометрическую форму, со множеством прямых углов. Говоря о колористическом решении, использование тёплого бежевого цвета на движущих элементах, можно считать удачным, так как этот цвет достаточно динамичен и будет способствовать активизации движений на тренажёре, но использование синего цвета, как на корпусе изделия, так и на элементах фиксации человека - можно считать неудачным, так как элементы фиксации

человека, необходимо визуально контрастно выделять для лучшей функциональной ориентации пациента, при использовании тренажёра.

Третье эскизное решение, как и первое, было создано на основе бионических методов проектирования, с использованием бионических форм, но в этом эскизе было принято решение отказаться от декоративных элементов, чтобы сформировать форму более лаконичной и бионически строгой. Колористическое решение в данном тренажёре можно определить наиболее удачным, так как динамичные элементы выделены тёплым бежевым цветом, а элементы фиксации окрашены холодным, синим цветом, который внушает уверенность и покой. Корпус изделия окрашивается, как и в первом варианте нейтральным, белым цветом.

Данная задача была решена с помощью метода семантического дифференциала [25]. Представленный метод основывается на явлении синестезии, то есть мышления по аналогии, когда одни чувственные восприятия возникают под воздействием других. Сделаем эскизы исследуемого объекта. С помощью метода семантического дифференциала был проведён опрос с помощью шкальной системы. В опросе приняло участие 88 человек. В опросе принимали участие мужчины и женщины от 18 лет и до 35 и старше. Для исследования было выбрано 3 эскиза реабилитационного оборудования - бионический, механический и симбиоз этих двух тренажёров. Рассмотрим первый из тренажёров - бионический.

Возраст среди участников опроса составил от 18 до 35 лет и старше. Лица моложе 18 лет участие в опросе не принимали (рисунок 12) .

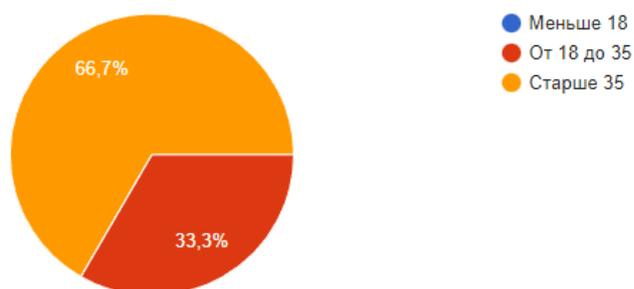


Рисунок 12 – Диаграмма возраста респондентов

Среди респондентов процентное соотношение мужчин и женщин составило 56 на 44 % (рисунок 13) .

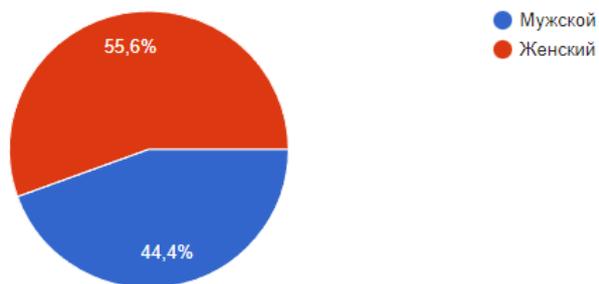


Рисунок 13 – Диаграмма показывающая отношение в процентах женщин к мужчинам

Далее будут рассмотрены шкалы оценки каждого эскизного варианта и выполнен анализ полученных данных.

2.2 Тренажёр 3

Для оценки респондентам было выбрано 3 реабилитационных тренажёра. По набранным баллам на первом месте оказался тренажёр номер 3 (рисунок 14) .

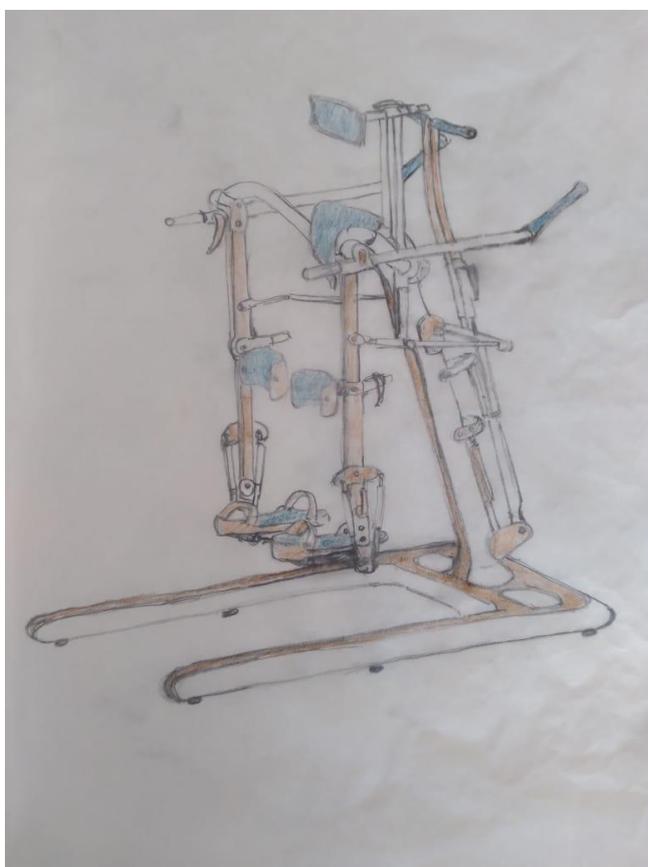


Рисунок 14 – Реабилитационный тренажёр основанный на принципах бионики

Исходя из ответов, можем ясно увидеть, что за вариант «красивый» или близкий к нему (от 6 до 9 баллов), проголосовали 60 % людей. При чём большинство - это были женщины, старше 35 лет. За вариант «безобразный» голосовали женщины от 18 до 35 лет (рисунок 15) .

Безобразный или красивый (Выставите свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 1 - безобразный и 10 красивый)?

[Копировать](#)



Рисунок 15 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Безобразный или красивый»

За вариант «жизнерадостный» или близкий к нему (от 6 до 9 баллов), проголосовали около 66 % респондентов. Из них большинство были мужчины, старше 35 лет. За вариант «унылый» голосовали женщины от 18 до 35 лет, а также женщины и мужчины старше 35 (рисунок 16).

Жизнерадостный или унылый (Выставите свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 0 - унылый и 10 жизнерадостный)?

[Копировать](#)

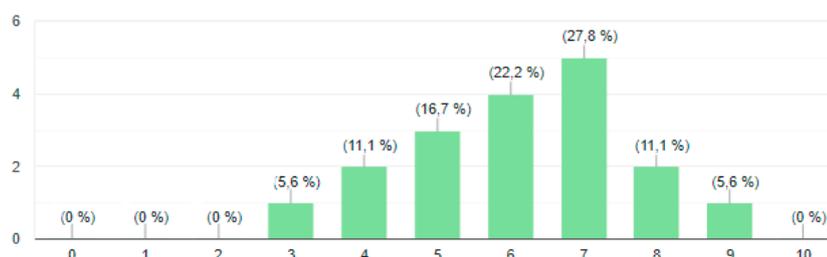


Рисунок 16 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Жизнерадостный или унылый»

По итогам опроса Тренажёр 3 респонденты оценили как «Приятный» и «Весёлый».

2.3 Тренажёр 1

На втором месте оказался тренажёр под номером 1. Данный тренажёр особенно выделяется по таким характеристикам как: весёлый, приятный, красивый (рисунок 17).

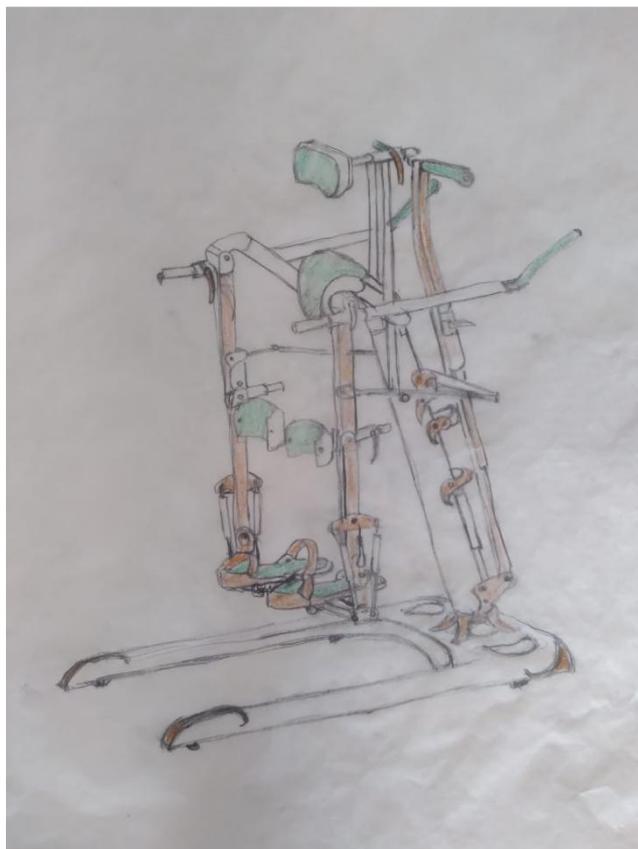


Рисунок 17 – Реабилитационный тренажёр с декоративными вставками

За вариант «весёлый» или близкий к нему (от 6 до 10 баллов), проголосовали около 45 % респондентов. Из них большинство были женщины, старше от 18 до 35 лет, а также женщины старше 35. За вариант «грустный» голосовали исключительно мужчины старше 35 (рисунок 18).

Веселый или грустный (Выставьте свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 0 - грустный и 10 весёлый)?

 Копировать

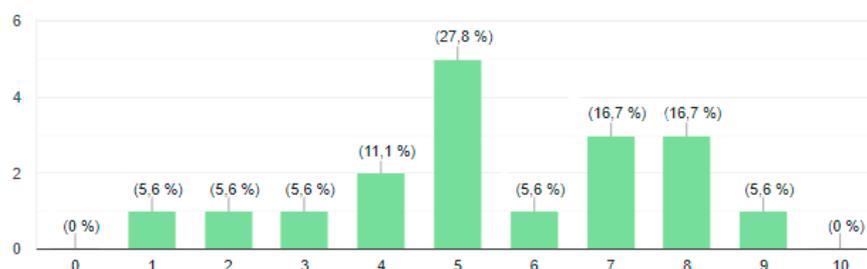


Рисунок 18 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Грустный или весёлый»

Большинство голосов, а именно 49 %, проголосовавших проголосовало за то, что данный тренажёр приятный. За данный вариант проголосовало равное количество мужчин старше 35 и женщин от 18 до 35. За вариант «противный» голосовали мужчины от 18 до 35 (рисунок 19).

Противный или приятный (Выставьте свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 0 - противный и 10 приятный)?

 Копировать



Рисунок 19 – Шкала оценки тренажёра по критериям «противный или приятный»

Исходя из ответов, можем ясно увидеть, что за вариант «красивый» или близкий к нему (от 6 до 9 баллов), проголосовали 33 % людей. Это были женщины, от 18 до 35 лет и мужчины старше 35. За вариант «безобразный» голосовали женщины старше 35 лет (рисунок 20).

Безобразный или красивый (Выставьте свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 1 - безобразный и 10 красивый)?

 Копировать

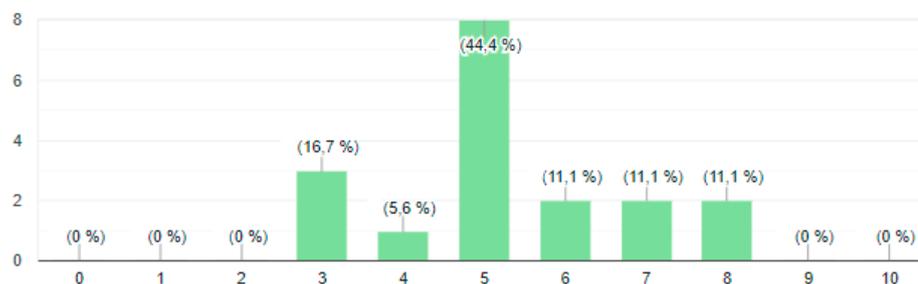


Рисунок 20 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Безобразный или красивый»

По итогам, Тренажёр 1 респонденты оценили в большинстве, как «Весёлый», и «Приятный».

2.4 Тренажёр 2

На третьем месте оказался тренажёр под номером 2. Данный тренажёр особенно выделяется по таким характеристикам как: безжизненный, негативный и унылый (рисунок 21).

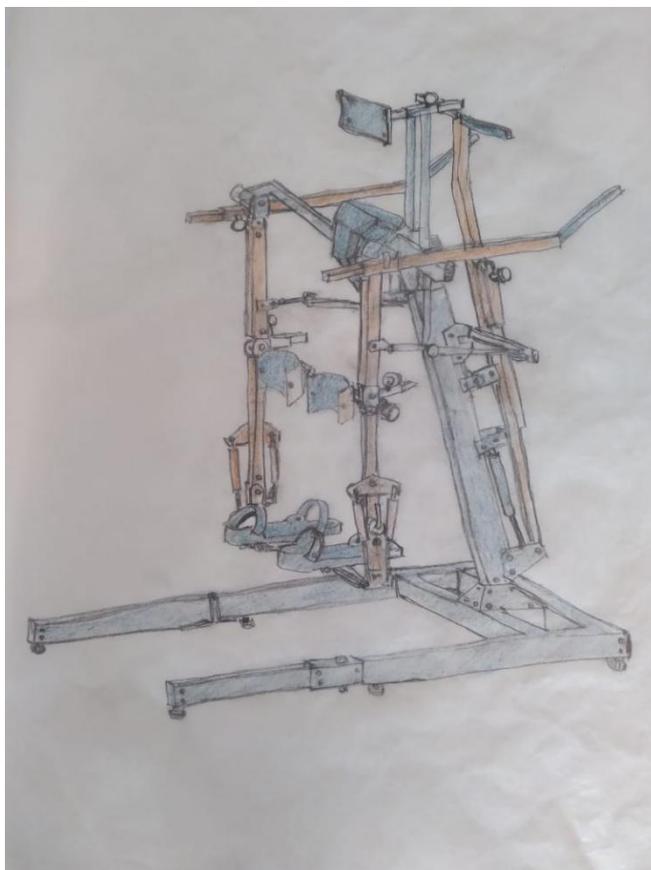


Рисунок 21 – Реабилитационный тренажёр основанный на принципах механики

За вариант «унылый» или близкий к нему (от 0 до 4 баллов), проголосовали около 49 % респондентов. Из них большинство были женщины, старше 35 лет. За вариант «жизнерадостный» голосовали женщины от 18 до 35 и мужчины старше 35 (рисунок 22).

Жизнерадостный или унылый (Выставьте свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 0 - унылый и 10 жизнерадостный)?

[Копировать](#)

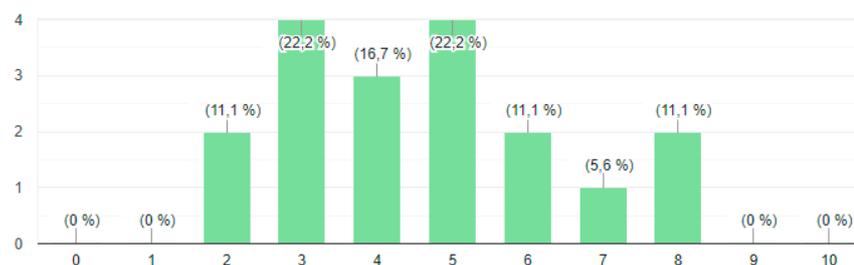


Рисунок 22 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Жизнерадостный или унылый»

Большинство голосов, а именно 50 % проголосовавших проголосовало за то, что данный тренажёр безжизненный. За данный вариант проголосовало равное количество мужчин и женщин старше 35 и одна девушка от 18 до 35. За вариант «живой» голосовали женщины от 18 до 35 (рисунок 23).

Живой или безжизненный (Выставьте свою оценку тренажёру по 10-балльной шкале, где 0 - безжизненный и 10 живой)?

[Копировать](#)

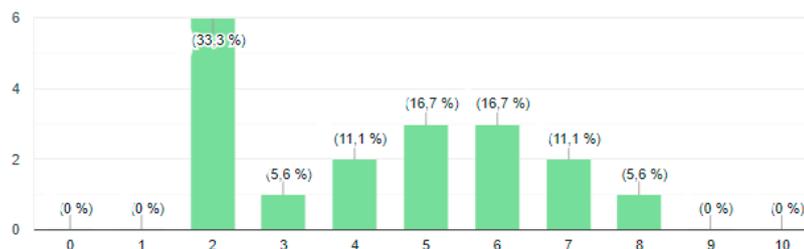


Рисунок 23 – Шкала оценки тренажёра по критериям «Безжизненный или живой»

Характеристика «грубый» из выбранных критериев так же оказалась в процентном соотношении большим, чем изящным, а именно 61 % против 36. Из респондентов поровну было мужчин и женщин старше 35, а также женщина от 18 до 35. За вариант «изящный» голосовали женщины от 18 до 35 и мужчина старше 35 (рисунок 24).

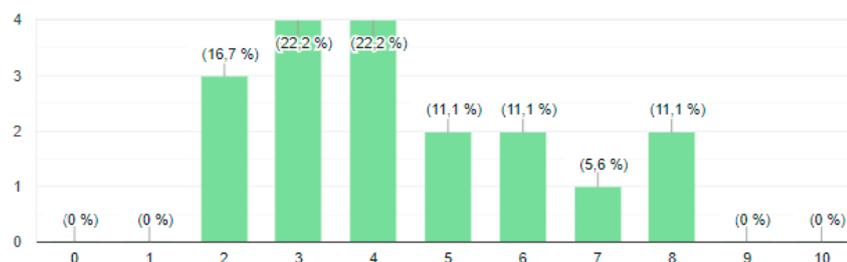


Рисунок 24 – Шкала оценки тренажёра по критериям «грубый или изящный».

Исходя из данных тестирования видно, что минимальное итоговое значение баллов получил «Тренажёр 2», только оценка по шкале «Грубый - Изящный», «Негативный - Позитивный», «Безжизненный - Живой» имеет фактически равное количество баллов с «Тренажёром 1». «Тренажёр 1» получил большое итоговое значение баллов, чем «Тренажёр 2», но меньше, чем «Тренажёр 3». Примечательно, что по всем шкалам «Тренажёр 3» набрал большее количество баллов, чем «Тренажёр 1» и «Тренажёр 2». «Тренажёр 3» получил максимальное итоговое значение баллов и по мнению большинства респондентов является наиболее визуально комфортным. Необходимо заметить, что по значениям оценки шкал «Весёлый - Грустный», и «Приятный - Противный» «Тренажёр 1» также является близким к значениям «Тренажёра 3». Кроме того, оценка респондентами «Тренажёра 3», то есть дизайн которого был бы наилучшим, по некоторым шкалам, таким как «Изящный - Грубый», «Жизнерадостный - Унылый» и «Красивый - Безобразный» была далека от максимальной, в отличие от шкал «Приятный - Противный» и «Весёлый - Грустный». Можно сделать вывод, что с точки зрения визуального восприятия некоторые положительные свойства реабилитационного тренажёра должны присутствовать максимально, а некоторые в определённой степени.

По итогам проведённого метода семантического дифференциала в оценке эскизных решений больше всегда баллов набрал бионический образ тренажёра по мнению респондентов, далее данное эскизное решение будет

использовано при проектировании реабилитационного оборудования, которое будет разработано под антропометрические данные одного из пациентов.

3 Разработка художественно-конструкторского решения

Разрабатываемый тренажёр позволяет размещать пациента на тренажёре в вертикальном положении с целью профилактики негативных последствий длительного пребывания сидя и лежа при поражении спинного мозга, физических травмах головного мозга, расщепления позвоночника, мышечной деформации, рассеянного склероза, инсульта и ДЦП [26]. Необходимо подчеркнуть, что помимо вертикализации пациента проектируемое оборудование обеспечивает проведение реабилитационных мероприятий имитирующих естественную ходьбу. Исходя из основной функции изделия, необходимо разработать функциональную конструкцию тренажёра [27].

В результате анализа проектируемых тренажёров компании ООО «Техномед» и общения со специалистами, были выявлены следующие критерии, которые должны будут учитываться при проектировании реабилитационного оборудования:

- 1) первый важнейший критерий — это конструкция оборудования должна быть надёжна и устойчива обеспечивая уверенность и безопасность пациенту, проходящему курс реабилитации, но в тоже время обеспечивая лёгкость движения составных элементов, позволяющих тренировать имитацию ходьбы. Это особенно важно так как тренажёр проектируется для использования ребёнком.
- 2) вторым критерием является эргономичность формы индивидуальных и стандартных элементов оборудования, а также материалов их изготовления.
- 3) третий критерий — это продуманная форма и колористическое решение оборудования обеспечивающие визуальную информативность, комфорт и стимуляцию к реабилитации.

Так как основная функция проектируемого оборудования — это восстановления функций организма человека было принято решение использование бионики в выборе концептуального решения его конструкции.

3.1 Строение тела кенгуру - как конструкция

После выявления основных критериев, при разработке конструкции реабилитационного оборудования воспользуемся принципами бионики, для того чтобы создать оборудование наиболее эффективным. Рассмотрим три бионические формы, для того, чтобы на основе проведённого исследования создать наиболее функциональную конструкцию изделия. Для достижения данной цели, были выбраны такие биологические формы как строение тела кенгуру, строение тела птица и строение дерева. Рассмотрим биологическую форму — строение тела кенгуру [28].

Кенгуру имеет большие нижние конечности, мощный хвост, небольшие верхние конечности, туловище и небольшую голову (рисунок 25).



Рисунок 25 – Строение тела кенгуру

Рассматривая строение тела кенгуру как схему, можно сказать, что две нижние конечности с большими ступнями и хвост, представляют собой устойчивое основание (красные линии), так как разрабатываемому оборудованию необходимо устойчивое основание для безопасности

размещения в нем человека, это свойство биологической формы можно определить, как необходимое для выбора общей конструкции изделия (рисунок 26).



Рисунок 26 – Тело кенгуру, представленное в виде схемы

Нижними конечностями и хвостом в вертикальном положении поддерживается туловище животного, укрепленное мощным позвоночником, это свойство биологической формы может быть использовано в создании конструкции тренажёра. Мощное туловище кенгуру можно рассматривать как стойку (зелёные линии) установленную на основании реабилитационного оборудования на которую навешиваются двигающиеся элементы. Верхние конечности животного можно представить, как двигающиеся элементы тренажёра, на которые устанавливаются ноги и руки человека (фиолетовые линии).

Проанализировав тело животного, можно сказать что бионическая форма в виде кенгуру может быть использован для создания конструкции реабилитационного оборудования.

3.2 Строение тела птицы - как конструкция

Вторая бионическая форма для анализа — это тело птицы. Птица имеет ноги, хвост, крылья, туловище и небольшую голову (рисунок 27) [29].



Рисунок 27 – Строение тела птицы

Рассмотрим тело птицы как схему для разработки общей конструкции реабилитационного оборудования. Как и в первой биологической форме, у птицы хвост и ноги являются устойчивым основанием и это свойство может быть использовано в разработке основания конструкции изделия (красные линии) (рисунок 28) .

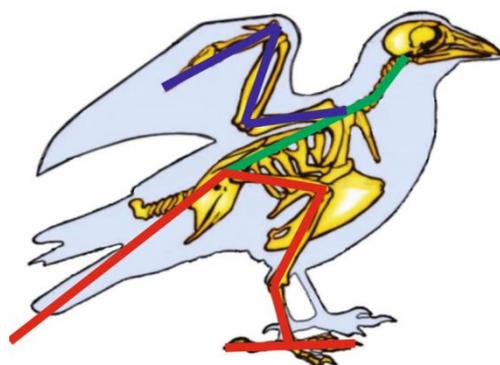


Рисунок 28 – Тело птицы, представленное в виде схемы

Тело птицы, как и в первом случае можно рассматривать как стойку (зелёные линии) установленную на основании реабилитационного оборудования, на которую навешиваются двигающиеся элементы. Крылья птицы можно представить, как двигающиеся элементы тренажёра, на которые устанавливаются ноги и руки человека (фиолетовые линии).

Проанализировав тело птицы можно сказать, что бионическая форма в виде птицы может быть использован для создания конструкции реабилитационного оборудования.

3.3 Строение дерева - как конструкция

Третья бионическая форма для анализа — это стояние дерева. Общее строение дерева состоит из корней, ствола и кроны (рисунок 29).

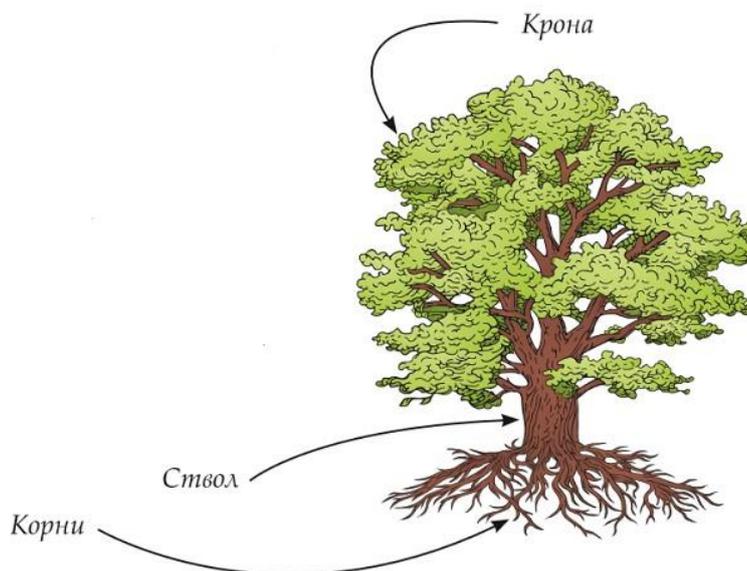


Рисунок 29 – Строение дерева

Рассмотрим строение дерева как схему для разработки общей конструкции реабилитационного оборудования.

Корни дерева являются устойчивым основанием и это свойство может быть использовано в разработке конструкции изделия (красные линии) (рисунок 30) [30].

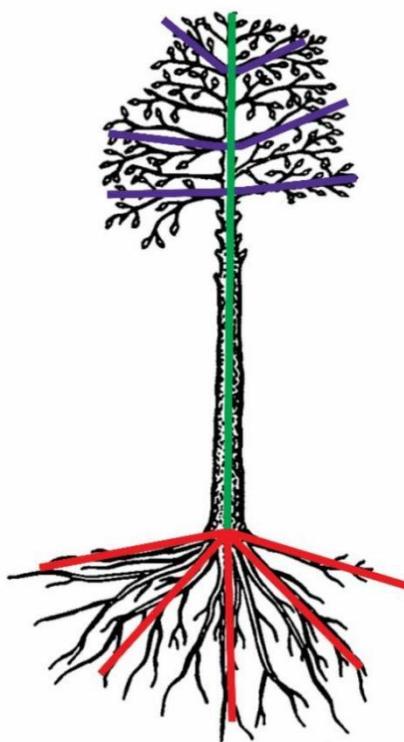


Рисунок 30 – Строение дерева, представленное в виде схемы

Ствол дерева, можно рассматривать как вертикальную стойку (зелёные линии) установленную на основании реабилитационного оборудования, на которую навешиваются двигающиеся элементы. Ветви дерева можно представить, как двигаемые элементы тренажёра, на которые устанавливаются ноги и руки человека (фиолетовые линии).

После проведённого анализа, конструкцию тренажёра было определено разрабатывать конструкцию тренажёра на основе третьей биологической формы. Анализ выявил следующие результаты определяющие перспективность разработки конструкции реабилитационного оборудования на основе третьей биологической формы:

1) дерево в сравнении кенгуру и птицей является более статичной биологической формой, а это свойство изделия предающее устойчивость и ощущение безопасности для пациента можно определить, как одно из важнейших;

2) ствол дерева, рассматриваемый как вертикальную стойку в отличии первой и второй биологической формы также можно определить, как

наиболее удачное решение для использования в конструкции проектируемого оборудования так как важнейшей функцией тренажёра является размещение на нем человека в вертикальном положении.

Разработку конструкции тренажера на основе третьей биологической формы было поддержано экспертной оценкой группой специалистов компании ООО «Техномед» (2 врача-реабилитолога, 3 конструктора и 2 дизайнера) имеющей большой опыт по проектированию и производству реабилитационного оборудования.

3.4 Разработка схемы конструкции тренажёра на основе анализа строения биологической формы

На основе выбранной биологической формы дерева и схемы его строения была разработана схема конструкции тренажера (рисунок 31) [31].

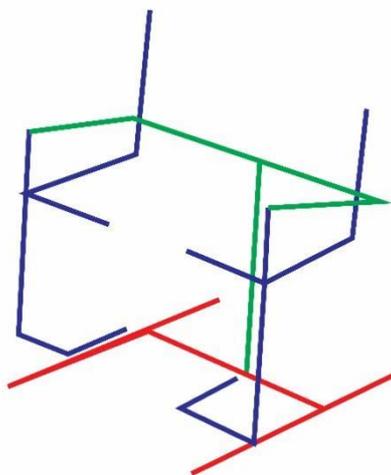


Рисунок 31 – Схема конструкции тренажера на основе выбранной биологической формы дерева и схемы его строения

Также как на схеме строения биологической формы дерева выделены основные элементы проектируемого оборудования: красными линиями — основание, зелёными линиями — вертикальная стойка со штангой соединяющие основание и двигаемые элементы, фиолетовыми линиями — двигающиеся элементы, позволяющие тренировать движения человека при ходьбе.

Затем на основе выбранной биологической формы дерева и схемы его

строения было сделана трёхмерная модель дизайна тренажёра (рисунок 32) [32].



Рисунок 32 – Трёхмерная модель дизайна тренажёра на основе выбранной биологической формы дерева и схемы его строения

В результате анализа был выбирается материал, из которого будет сделан реабилитационный тренажёр (пластмасса, металл, дерево) и технология изготовления (ЧПУ-резка, сварка, винтовой механизм).

После изготовления корпуса, установки навесных объектов и необходимых конструктивных элементов получается опытный образец.

Моделирование выбранного эскизного решения детского реабилитационного оборудования, и разработка концепции многослойной внутренней конструкции и колористического решения деталей изделия на основе биологических форм.

3.5 Выбор концептуального решения многослойной внутренней конструкции жёстких несущих элементов оборудования на основе биологической формы — внутреннее строение бедра человека

Следующим этапом проектирования реабилитационного оборудования стало построение 3D-модели на основе эскизного решения дизайна тренажёра. При проектировки данного уникального тренажёра по мимо стандартных элементов разрабатываются индивидуальные соответствующие антропометрическим данным пациента (рисунок 33).



Рисунок 33 – Построение 3D-модели реабилитанта с учётом антропометрических данных

Далее процесс разработки реабилитационного оборудования будет продемонстрирован на примере разработки тренажёра для ребёнка с ДЦП. Для проектирования индивидуальных элементов оборудования позволяющим добиться плотного прилегания к телу с помощью 3D сканера были сняты антропометрические данные пациента представленные в таблице 2.

Таблица 2. Антропометрические данные пациента

Рост	Вес	Длина стопы	Ширина стопы	Глубина колена	Ширина колена	Ширина таза	Высота кисти
1003 мм	16 кг	160 мм	64 мм	63 мм	80 мм	171 мм	54 мм

Продолжение таблицы 2. Антропометрические данные пациента

Длина руки	Размер от колена до голеностопа	Размер от бедра до колена
402 мм	216 мм	218 мм

После разработки предварительной 3D модели тренажёра учитывая антропометрические данные пациента было изготовлено несколько вариантов прототипов изделия используя различные материалы изготовления.

Первый вариант реабилитационного оборудования изготовленной полностью из стальных труб был отклонён из-за слишком большого веса движущихся элементов. Второй вариант прототипа тренажёра был изготовлен из дерева. Это решение было более удачным чем первое так как соответствовало выбранной биологической форме которая была взята за основу конструкции изделия. Движущие элементы стали легче их пациент смог легко передвигать. Необходимо подчеркнуть, что корпус из дерева стал более визуально комфортен, а также с точки зрения тактильного восприятия стал более эргономичен, но возник ряд проблем, которые необходимо было решать.

Первое - это прочность элементов оборудования. Детали тренажёра стали деформироваться, образовались сколы и в итоге быстро приходили в негодность. Второе - масса основания и стойки оборудования оказалась не достаточной что бы обеспечить устойчивость оборудования и безопасность проведения реабилитационных мероприятий. Эти проблемы удалось выявить после проведения экспериментальных испытаний на действующей модели реабилитационного оборудования.

Решение по устранению выше перечисленных проблем было найдено с использованием свойств бионических форм. Так как за основу разработки

конструкции тренажёра была взята биологическая форма дерева и его строение сначала было рассмотрено внутреннее строение ствола дерева. Внутреннее строение дерева состоит из нескольких слоёв: мягкого ядра, менее мягкой сердцевины, далее средняя по плотности заболонь и мягкая и не прочная кора (рисунок 34) [33].

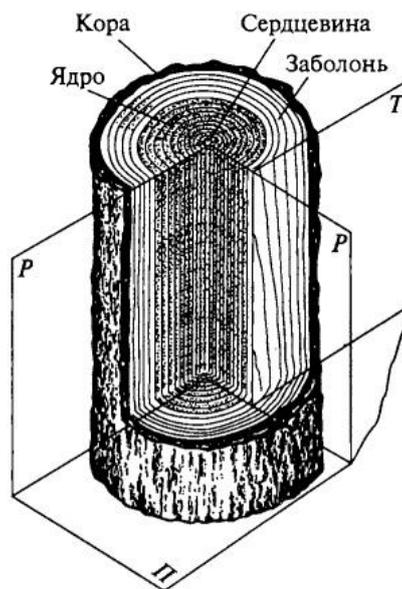


Рисунок 34 – Внутреннее строение дерева

Многослойное внутреннее строения третьей биологической формы вдохновило на создание многослойной внутренней конструкции основных элементов оборудования таких как основание, стойка и двигающиеся элементы. Необходимо подчеркнуть, что в нашем случае расположение слоёв в деталях тренажёра необходимо поменять что бы реализовать функциональные особенности изделия.

Конструкторское решение расположения внутренних слоёв проектируемого изделия было разработано на основе биологической формы — тело человека. В данном случае будет рассматриваться внутреннее строение бедра человека (рисунок 35) . [34].

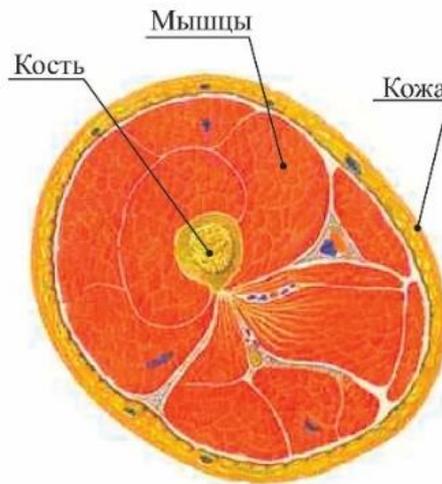


Рисунок 35 – Внутреннее строение бедра человека

Анализируя внутреннее строение бедра можно выделить три основных слоя это кость являющейся несущим каркасом, мышцы, занимающие самый большой объем и кожа являющейся тонким, но прочным слоем, обеспечивающим защиту внутренних слоёв. Заимствовав выше представленный принцип расположения слоёв в биологической форме было предложено два концептуальных конструкторских решений.

Первое концептуальное конструкторское решение представляет многослойное внутреннее строение жёстких несущих элементов оборудования таких как основание, стойка и двигающихся элементов (рисунок 36) .

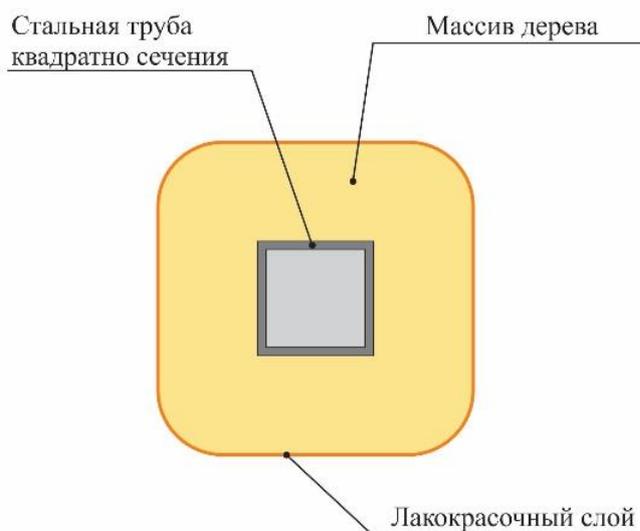


Рисунок 36 – Внутреннее стояние жёстких несущих элементов оборудования

В представленном решении используется те же функциональные принципы что и в выбранной биологической форме. В качестве слоя, создающего прочность и необходимую массу тренажёра, для обеспечения устойчивости, выступает металлическая труба. Следующим слоем, обеспечивающим необходимую массу для приведения в движения элементов реабилитационного оборудования, а также его транспортировку, обеспечения тактильного и визуального комфорта при взаимодействии с изделием был выбран массив дерева. Последний слой внутренней конструкции таких деталей тренажёра как основание, стойка и движущиеся элементы подобно выбранной биологической форме был определён слой в конструкции в виде лакокрасочного слоя выполняющий защитные функции от механических воздействий и воздействий влаги.

3.6 Выбор концептуального многослойной решения внутренней конструкции фиксирующего элемента реабилитационного оборудования — упора таза

На основе биологической формы - внутреннее строение бедра человека было предложено концептуальное решение внутренней

конструкции фиксирующего элемента реабилитационного оборудования - упора таза (рисунок 37) .



Рисунок 37 – Упор таза

Основная функция выше упомянутой детали — это жёсткая и плотная фиксация человеческого тела в области таза, но в то же время доставляя дискомфорта и травматизма пациенту. В представленном случаи был использован тот же что и в первом случаи концептуальный принцип, основанный на выбранной биологической форме, но использованы другие материалы изготовления, обеспечивающие другое функциональное решение, (рисунок 38) .

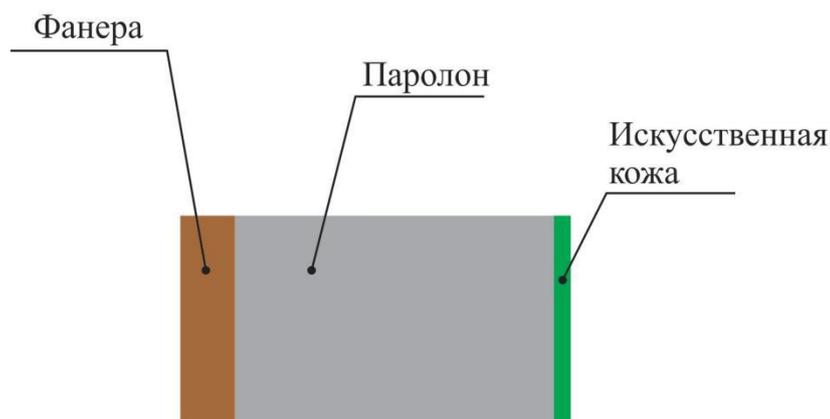


Рисунок 38 – Внутреннее стояние упора таза

В качестве первого слоя, создающего прочность и необходимую пластичность детали, выступает лист фанеры. Следующим слоем, обеспечивающим необходимую плотность прилегания детали к телу человека и комфорт стал слой изготовленный из поролон. Последний слой внутренней конструкции представленной детали тренажёра, подобно выбранной биологической форме, был определён материал изготовления искусственная кожа медицинского назначения. Выбранный материал выполняет защитные функции от механических воздействий и воздействий влаги кроме того обеспечивает тактильный и визуальный комфорт пациенту.

3.7 Доработка конструкции реабилитационного оборудования на основе выбранных концепции биологических форм

Окончательную доработку общей конструкции реабилитационного оборудования было принято решение разрабатывать на основе строения биологической формы — дерево и внутреннюю конструкцию деталей изделия на основе внутреннего строения биологической формы бедра человека (рисунок 39).



Рисунок 39 – Прототип тренажёра с конструкцией разработанной на основе биологических форм.

В момент изготовления прототипа возникла проблема с изгибом трубы под деталь тренажёра «руль» (был использован профиль 15 на 15 мм.). При изгибе профиля нужного радиуса в определённом месте возникал разрыв детали. Для предотвращения данной проблемы было принято решение взять круглый профиль трубы, поскольку он имеет более лучшие характеристики для изгиба, чем квадратный профиль трубы. Деревянные накладки на элемент «руль» были сделаны чётко под круглый профиль трубы, сверху и снизу, для плотного прилегания двух половинок дерева, что позволило сохранить эти два элемента цельными (рисунок 40).

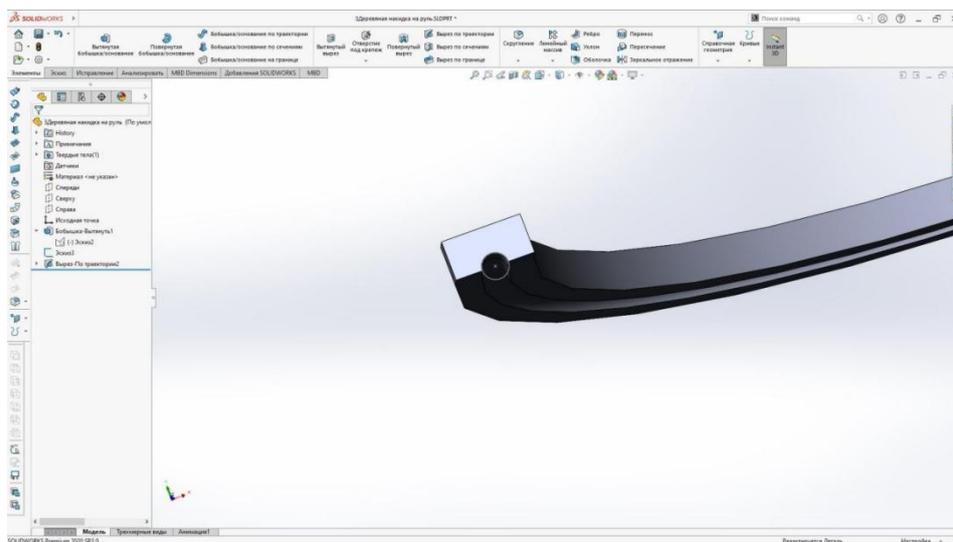


Рисунок 40 – Деревянные накладки под круглый профиль трубы
 Для того, чтобы труба не была видна с передней части тренажёра,
 было принято решения удлинить элемент «руль» на 20 мм. (рисунок 41).

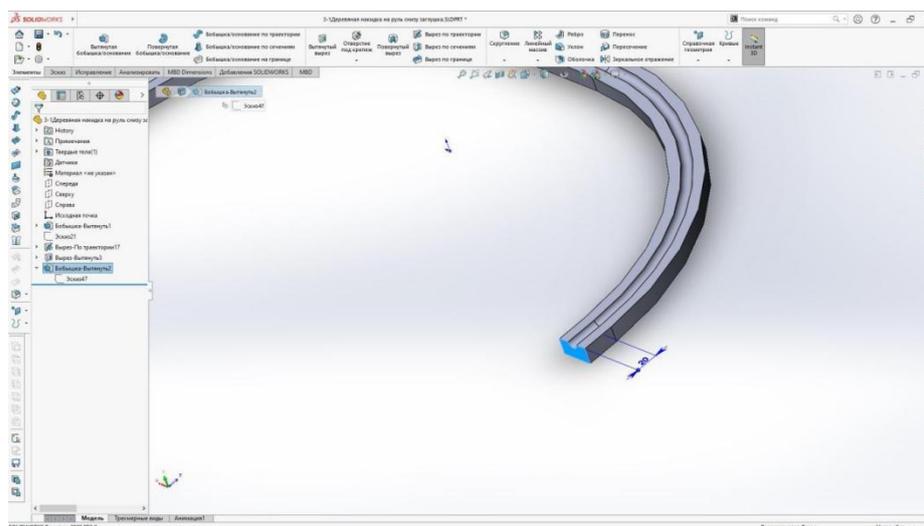


Рисунок 41 – Удлинение элемента «руль»
 Следующим шагом все элементы, содержащие углы, были
 «скруглены», была снята фаска с ребра с диаметром 5мм. (рисунок 42).

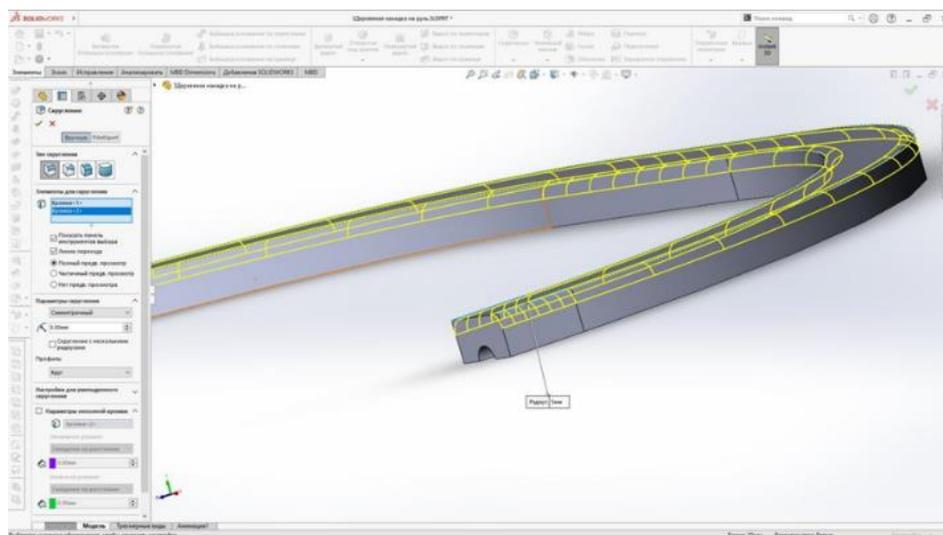


Рисунок 42 – Создание фаски на рёбрах

Затем были изготовлены боковые механизмы для реабилитации нижних конечностей, индивидуально разработанные под антропометрию ребёнка. Данные механизмы состоят из трёх квадратных брусков профиль которых 30 мм. (внутри которых расположена металлическая труба профилем 15 мм.), трёх подшипников, диаметром 30 мм., металлических накладок, для соединения элементов, а также нескольких болтов 10 мм., гаек 10 мм., шайб, со сквозным отверстием 10 мм. и трёх эксцентриков (рисунок 43).

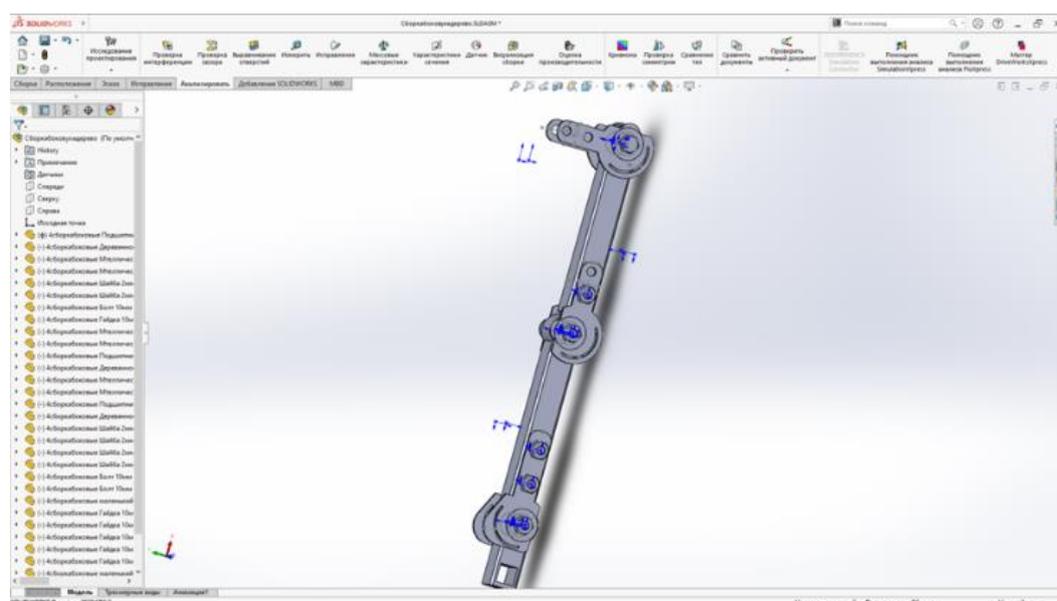


Рисунок 43 – Боковой механизм для реабилитации нижних конечностей

Подшипники расположены в тех местах, где у человека находятся

суставы, а именно:

- 1) шина для бедра
- 2) шина для колена
- 3) шина для голеностопа

Эксцентрик выполняет роль «блокировки» определённой области. К примеру, можно выполнять упражнение «шаг» заблокировав эксцентриком коленный и голеностопный шарнир, оставив бедренный шарнир в свободном положении. Или же выполнить упражнение «сгибание коленей» оставив коленный эксцентрик и заблокировав бедренный и голеностопные шарниры (рисунок 44).



Рисунок 44 – Выполнение упражнения «шаг»

Для удержания подшипника и для устранения деформации конструкции использовано болтовое соединение с использованием гайки M10, болта M10 и шайбы M10 (рисунок 45).

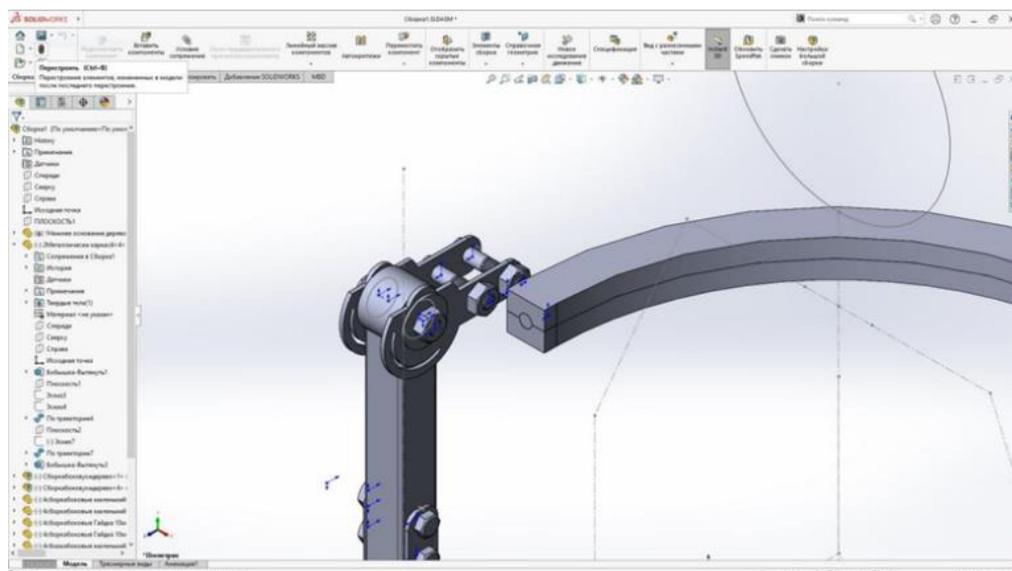


Рисунок 45 – Болтовое соединение

Далее была изготовлена индивидуальная гильза для колена. Она состоит из деревянного каркаса, для регулировки положения колена, деревянной подложки из фанеры, мягкой части из поролонового ковра и «барашкового» винта М10 (рисунок 46).



Рисунок 46 – Гильза для колена

Следующим элементов конструкции была гильзы для стопы. Она была сделана индивидуально под размер стопы ребёнка, для работы в

тренажёре в обуви. Данная конструкция состоит из деревянного каркаса, с регулировкой положения стопы, с использованием «барашкового» винта M10, деревянной части под очертания стопы в обуви, страховочного ремня, для фиксации ноги в гильзе и болтового соединения из гайки и болта размером M10 (рисунок 47).

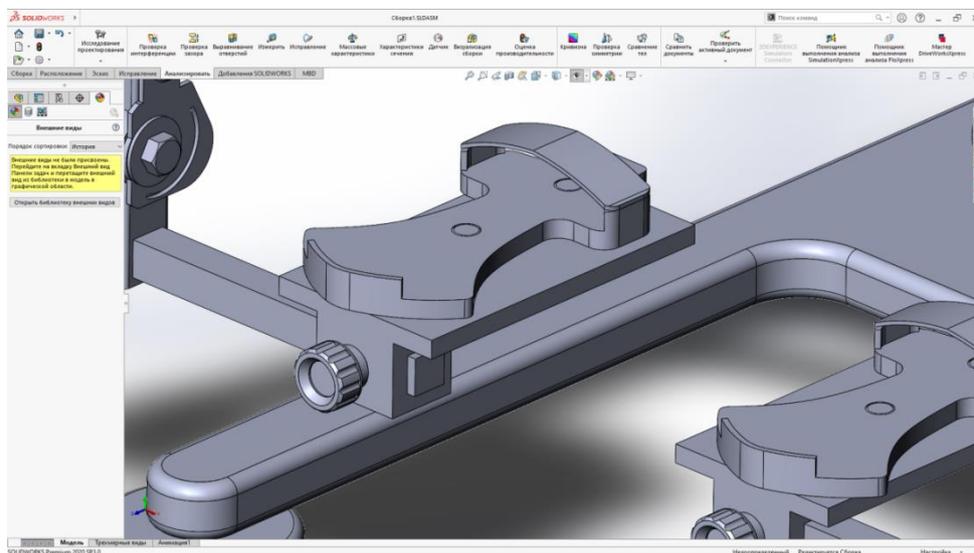


Рисунок 47 – Гильза стопы

Для проведения реабилитационных мероприятий, имитирующих ходьбу, был разработан элемент, синхронизирующий движения ног — «синхронизатор». Он состоит из двух амортизаторов, одной продольной деревянной перекладины, подшипника и нескольких болтовых соединений (рисунок 48).



Рисунок 48 – Элемент «синхронизатор»

После итоговой доработки конструкции и испытания её качеств на прототипе изделия была создана итоговая трёхмерная модель реабилитационного оборудования.

3.8 Выбор колористического решения основных элементов реабилитационного оборудования, используя биологическую форму — строение дерева

В выборе колористического решения для разрабатываемого тренажёра было принято решение следовать принципам заимствования особенностей у биологических форм. Так как основное концептуальное конструкторское решение было разработано на основе строения биологической формы — дерево, колористическое решение изделия определялось с учётом этого проектного направления.

Элементы непосредственного контакта человека, проходящего реабилитацию, и тренажёра было определено окрасить цветом молодой зелёной листвы. Выбранный оттенок по мимо того что является знакомым, естественным цветом окружающей человека природной среды он вызывает такие ощущения как спокойствие удовлетворение, защищённость и

благополучие (рисунок 49) [35].



Рисунок 49 – Фото молодой листвы дерева

В итоге можно сказать что выбранный цвет молодой зелёной листвы будет способствовать желанию контакта человека с элементами изделия.

Элементы управления и фиксации было принято окрасить в оранжевый цвет спелых апельсинов. Этот оттенок, как и цвет молодой зелёной листвы является цветом природной среды окружающей человека. Он является знакомым и естественным для него, но имеет другой эмоциональный окрас – это активизирующий, радующий, тёплый оттенок концентрирующий внимание, призывающий к активным действиям, что необходимо элементам управления и фиксации (рисунок 50) [34].



Рисунок 50 – Фото спелых апельсинов на дереве

В качестве оттенка общего корпуса реабилитационного оборудования был определён светлый цвет дерева. В этот цвет в большинстве случаев окрашиваются корпуса медицинского оборудования и это оправдано так как этот колер символизирует чистоту, стерильность, доброту и несомненно эти ощущения добавляют положительные ощущения пациенту взаимодействующим с тренажёром (рисунок 51) [35].



Рисунок 51 – Фото рентгеновского медицинского оборудования

По итогу, используя функциональные и визуальные свойства биологических форм был разработан дизайн детского оборудования для вертикализации пациента и проведения реабилитационных мероприятий

имитирующих естественную ходьбу представленное в приложении А.

На основе главной бионической формы - дерева, её анализа и выбора, путём экспертной оценки, было создано надёжное основание, стойка для размещения человека-реабилитанта идвигаемые элементы для нижних конечностей. Каждая форма была проанализирована как схема, охарактеризована и обоснована.

3.9 Планшет

На основе проанализированных данных, составленных чертежей и проектировании 3D-моделии был создан графический планшет формата А0 (рисунок 52) .

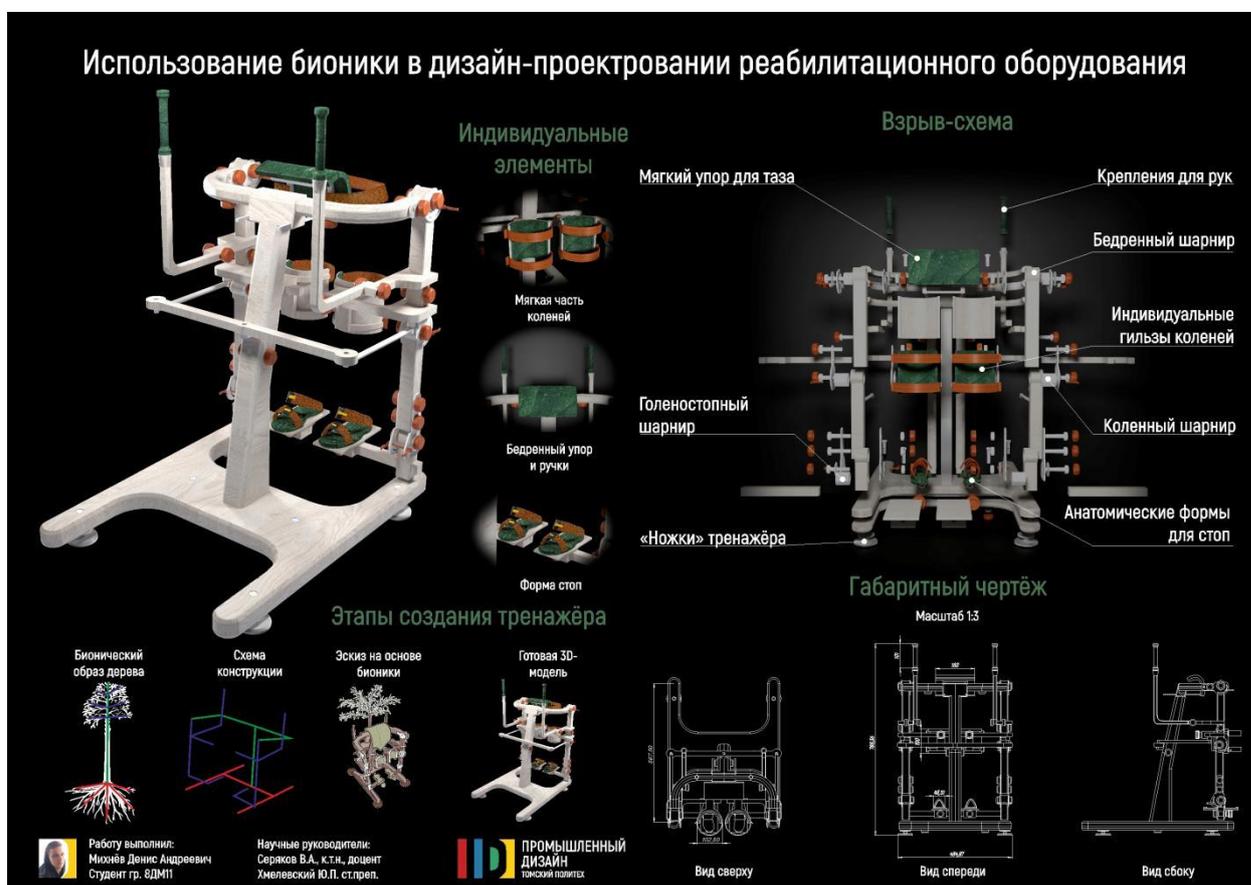


Рисунок 52 - Графический планшет

В данном планшете отображены этапы создания тренажёра, начиная от бионического образа дерева, его конструкции, до создания эскизов и готовой 3D-модели. Отображены габаритные чертежи: вид сбоку, вид сверху, вид спереди, добавлен рендер 3D-модели проектируемого объекта и взрыв-схема тренажёра.

3.10 Создание видеоролика

Для создания видеоролика было необходимо экспортировать файлы из программы SolidWorks [36], где были созданы чертежи, в программу Blender [37] для успешного создания анимаций и наложения реалистичных текстур на поверхности тренажёра (рисунок 53) .

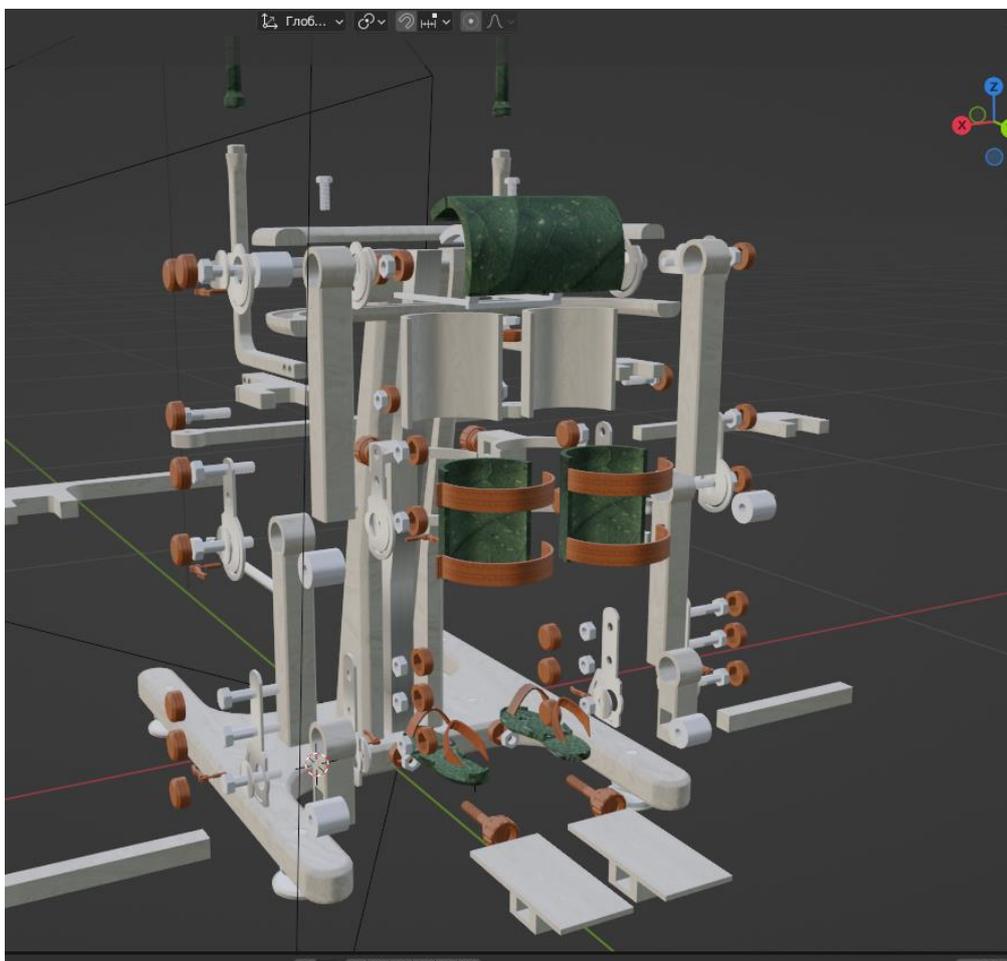


Рисунок 53 - Анимация взрыв-схемы тренажёра

По итогу работы было получено две анимации: взрыв-схема тренажёра и посадка реабилитанта внутрь тренажёра и последующие занятия на нём.

4 Концепция стартап-проекта

4.1 Название продукта

Разрабатываемый тренажёр, поможет достичь успешной реабилитации детям и взрослым, у которых возникли проблемы с опорно-двигательным аппаратом, путём поступательных, шагательных и сгибательных движений нижних конечностей человека (рисунок 54) .

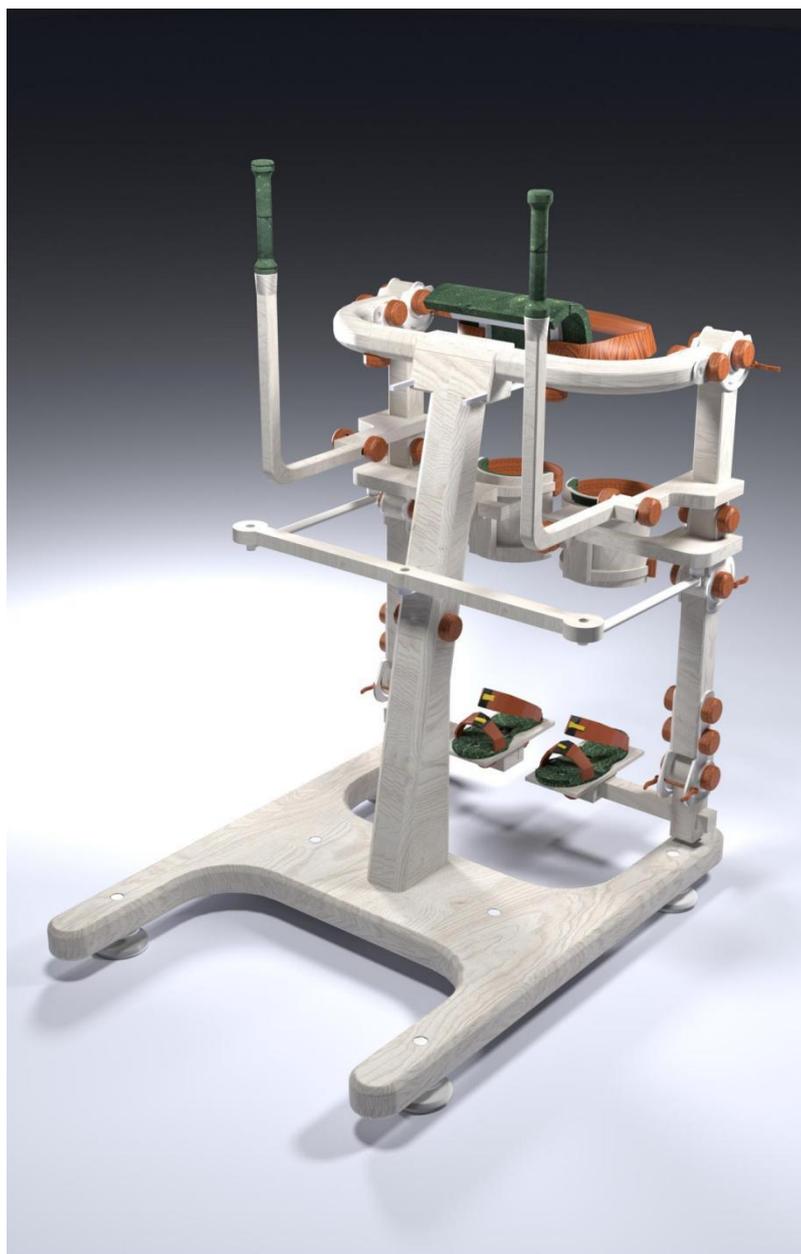


Рисунок 54 - Проектируемый тренажёр

Исходя из идеи разрабатываемого решения, было определено название для стартап проекта: «Шаг за Шагом».

4.1.1 Описание продукта как результата НИР

Научная новизна исследования:

1) рассмотрены и систематизированы основные тенденции использования бионики в проектировании реабилитационного оборудования;

2) адаптирован метод семантического дифференциала в оценки эскизных решений реабилитационного оборудования с использованием бионических форм и без их использования;

3) доработан и обоснован метод использования бионических форм для разработки общей конструкции и внутренней конструкции реабилитационного оборудования.

Основными проблемами, с которыми сталкиваются пользователи при поиске реабилитационного оборудования:

1) реабилитационное оборудование имеет высокую стоимость;

2) реабилитационное оборудование имеет определённые стандартные габариты и размеры, что может негативно сказаться на реабилитации, поскольку правильные анатомические размеры играют большую роль в успешном пути для реабилитанта;

3) реабилитационное оборудование не имеет большого функционала, как правило, один тренажёр направлен на определённую часть тела или сустава человека;

4) реабилитационное оборудование как правило, имеет скучный внешний вид, что вызывает негативные эмоции и настороженность у реабилитанта.

Данные проблемы являются критическими, импорт зарубежных реабилитационных решает проблемы функционала и визуального образа, но в свою очередь отображается на высокой цене. Отечественные тренажёры в свою очередь, бедны на функционал и на визуальный образ, однако данные тренажёры продаются по относительно невысокой стоимости.

Разрабатываемый тренажёр позволит реабилитантам эффективно проводить курс реабилитации, благодаря следующим критериям:

1) визуально-комфортный внешний вид корпуса тренажёра, основанный на принципах бионики;

2) шагательно-сгибательной функции тренажёра, которая обеспечит реабилитацию голеностопных, коленных и бедренных суставов;

3) низкая стоимость тренажёра;

4) индивидуальные элементы, которые плотно прилегают к телу человека, что способствует правильной позе на тренажёре, что ведёт за собой успешный путь реабилитации человека.

При соблюдении данных критериев удастся облегчить покупку необходимого реабилитационного оборудования для пациента и поможет ему на пути реабилитации.

4.1.2 Защита интеллектуальной собственности

Разработанный аппарат требует защиты со стороны авторского права, для воплощения данной задачи существует несколько способов и самым оптимальным является - патентирование, так как будет получен охранный документ, который удостоверяет исключительные права и авторство на изобретение или инновацию. Также патент позволяет получать прибыль, если другой человек или организация использует продукт, защищённый авторским правом. Для защиты интеллектуальной собственности, необходимо предоставить в Роспатент пакет документов, который содержит описание интеллектуального труда и пройти регистрацию. Помимо этого, для веб-ресурса потребуются регистрация доменного имени, регистрация осуществляется на имя владельца ресурса.

Возможность регистрации программного продукта предоставлена на ресурсе <http://new.fips.ru/> (Федеральный институт промышленной собственности) [7].

Заявка на регистрацию подаётся в электронном формате.

Расходы на услуги регистрации составляют 1500 руб., НДС 18% – 270 руб., итого – 1 770 руб.

4.1.3 Объем и емкость рынка реабилитационного оборудования

Реабилитационный тренажёр относится к B2B и B2C рынку. Тренажёр будет продаваться как юридическим лицам: реабилитационным центрам и компаниям, так и напрямую физическим лицам: инвалидам и их попечителям.

По общероссийской классификации видов экономической деятельности, реабилитационный тренажёр можно отнести к Организации присвоен ОГРН 1157017004660. Согласно основному ОКВЭД деятельность осуществляется в области «Производство медицинских инструментов и оборудования» [38].

Маркетинговое агентство GidMark опубликовало следующее исследование российского рынка по продаже тренажёров:

По данным специалистов отрасли, замещение импортных тренажеров на российское оборудование может занять до пяти лет. В настоящее время в стране нет технической базы, комплектующих и квалифицированных кадров, чтобы запустить полный цикл производства. Несколько российских компаний пытаются воссоздать беговые дорожки, но, пока с конвейера сошли только примитивные механические агрегаты. Функционал в них ограничен (рисунок 55) [39].

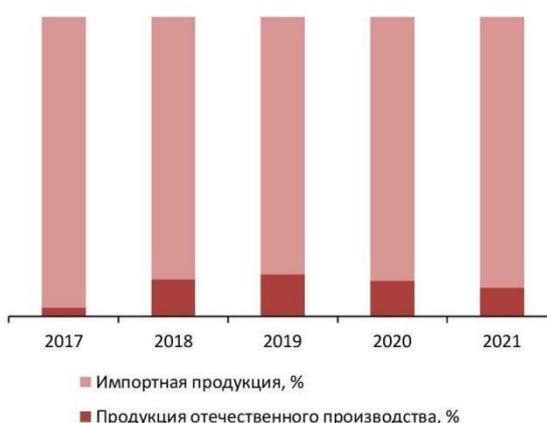


Рисунок 55 – Соотношение импортной и отечественной продукции на рынке тренажёров, 2017-2021 гг.

В структуре выручки на протяжении всего рассматриваемого периода лидирует Центральный федеральный округ с долями в пределах 80%. Подавляющее большинство импортных тренажёров поставляется в данный округ, а из него уже продаётся в регионы.

Современный мир достаточно технологичен, с каждым днём учёные находят новые способы в борьбе с раком, гепатитом и другими заболеваниями, однако по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) процент инвалидов по отношению ко всему населению земли равняется 10%, это около 650 миллионов человек [44].

В данном исследовании будут затронуты болезни, связанные именно с опорно-двигательным аппаратом. Согласно перечню Международной классификации болезней, к заболеваниям опорно-двигательного аппарата относятся более 150 нозологий, поражающих скелетно-мышечную систему: мышцы, кости, соединительные ткани, суставы, варьируясь от острых и кратковременных явлений до пожизненных нарушений, сопровождающихся хронической болью и инвалидностью.

Люди, которые имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом делятся на два типа:

- 1) врождённое заболевание
- 2) приобретённое заболевание.

Врождённые заболевания, как правило возникают из-за патологий, в нарушении внутриутробного развития или из-за генетики. Такие заболевания тяжело лечатся, если не начинать процесс реабилитации с самого рождения человека.

Приобретённые заболевания могут возникнуть по разным причинам: физическая травма, психологическая травма, старение или генетика. В данном случае процесс реабилитации проходит успешнее, чем у людей, которые подвержены хронической болезнью с самого рождения.

Государство помогает инвалидам денежной выплатой, как правило она составляет до 20 000 руб. в месяц. Но учитывая цены на хорошее реабилитационное оборудование, которое достигает от 500 000 руб. до одного миллиона рублей, можно сказать о том, что аппарат для реабилитации если и получится купить, то через несколько лет или даже десятков лет, что негативно влияет на здоровье человека, ведь один из самых важных критериев в реабилитации - это время.

По оценкам BusinesStat [40], объем рынка медицинской реабилитации в России за период с 2014 по 2018 год сократился на 4,3 % и составил 92,5 млн. приёмов. В 2014-2016 годах натуральный объем рынка услуг медицинской реабилитации в России снижался ввиду негативных изменений в экономике страны, высокого инфляционного давления и снижение покупательской способности населения. В 2017-2018 годах по мере относительной стабилизации экономической ситуации и улучшения потребительских ожиданий населения в России отмечался рост общего числа приёмов по медицинской реабилитации на 0,2-1,3 % в год.

На рынке медицинской реабилитации России в 2018 году преобладал сегмент реабилитации в государственных поликлинических медицинских учреждениях – на его долю приходилось 74,6 % общего объёма рынка в натуральном выражении. Вторую по величине долю занимал сегмент реабилитации в многопрофильных коммерческих клиниках, на него приходилось 11,8 % рынка. Реабилитация в многопрофильном медицинском центре чаще всего представляет собой посещение курса сеансов физиотерапии, мануальной терапии, медицинского массажа, консультации с врачами-специалистами и т.п. Данные услуги, как правило, можно получить в большинстве государственных больничных учреждений и в некоторых государственных поликлиниках, а также в большинстве коммерческих медицинских клиник ввиду их востребованности у пациентов.

Менее весомую долю занимал сегмент медицинской реабилитации в специализированных государственных реабилитационных центрах – 7,8 %

рынка медицинской реабилитации в целом. Наименьшей была доля сегмента реабилитации в коммерческих реабилитационных центрах – всего 5,9 % рынка. Реабилитация в специализированных центрах – это, как правило, комплекс занятий на сложном специализированном реабилитационном оборудовании и реабилитационных процедур, связанный с необходимостью проживания или постоянного нахождения в данном учреждении определённое время.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что в государственных медицинских учреждениях можно получить помощь, однако в специализированных реабилитационных центрах имеются профессиональные врачи-реабилитологи, которые могут сделать программу реабилитации для каждого индивидуально, также в данных центрах имеется специальное, сложное и дорогостоящее реабилитационное оборудование, которое помогает пациентам в пути реабилитации.

Существуют центры реабилитации, которые могут изготовить реабилитационный аппарат для определённого человека. Примером такого центра является компания ООО «ТехноМед». Компания ТехноМед создана на базе знаний и опыта российских специалистов в области реабилитации людей со спинальной травмой, детей с ДЦП, инсультов, параличей и порезов любой этиологии.

В компании ТехноМед группа врачей объединилась вокруг идеи по созданию собственных средств реабилитации на основании врачебного опыта и анализа мониторинга ситуации рынка технических средств реабилитации (ТСР).

Были разработаны собственные виды ТСР, проведена регистрация, получены разрешительные документы на изготовление, организовано производство в городе Томске [41].

Что касается динамики рынка, то количество заказов на производство ТСР за год (июль 2018 — июль 2019., это произошло за счёт открытия собственного центра и рекламной компании) выросло на 205 %. По данным

бухгалтерской отчётности за 2018 год выручка от реализации продукции и предоставления услуг для инвалидов возросла на 24,78 % по сравнению с аналогичным периодом 2017 года (рисунок 56) .

Базисные показатели ряда динамики.

Период	Товарная продукция в сопоставимых оптовых ценах, руб.	Абсолютный прирост	Темп прироста, %	Темпы роста, %
2018	20	-	-	100
2019	41	21	105	205
2020	80	60	300	400
2021	38	18	90	190
2022	100	80	400	500
Итого	279			

Рисунок 56 – Темпы роста и прироста компании «ТехноМед»

Анализируя данные пациентов компании, можно увидеть что реабилитационные тренажёры продавались не только по Томску и Томской области, а отправлялись на экспорт в другие города. Продажи реабилитационных аппаратов по Томску составили около 10 % от выпускаемой продукции. Из-за увеличения спроса на реабилитационное оборудование, с 2018 года у компании ежегодно наблюдается темп роста как по количеству выпускаемых аппаратов, так и по ежегодной прибыли. Ниже приведена статистика дохода компании «ТехноМед» с 2018 по 2022 год:

- 1) за 2022 год - произведено 100 ТСП (сумма доходов 18 730 000);
- 2) за 2021 год - произведено 38 ТСП (сумма доходов 8 494 000);
- 3) за 2020 год - произведено 80 ТСП (сумма доходов 17 017 000);
- 4) за 2019 год - произведено 41 ТСП (сумма доходов 9 534 000);
- 5) за 2018 год (открытие) - изготовлено 10 ТСП для продажи и 10 ТСП для собственного реабилитационного центра.

Начиная с 2015 года компания «Техномед» работала как реабилитационный центр в перечень услуг которых входили: массажи, продажа медицинских мазей, трав, персональные тренировки с инвалидами (рисунок 57) [42].

Финансы

Данные по финансовым показателям приведены на основании бухгалтерской отчетности

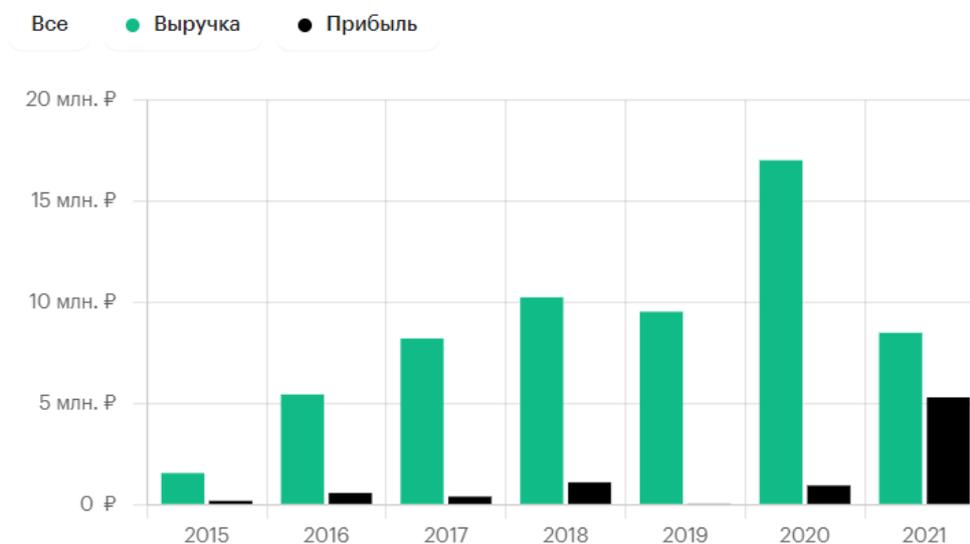


Рисунок 57 – Доля покупателей с 2018 по 2021 год

Средняя цена одной ТСР около 180 000 руб. Стоит отметить, что ТСР могли быть как и низкими по стоимости, например анатомическая обувь, с определёнными анатомическими супинаторами и усилениями могла стоить около 15-20 тыс. руб., так и ТСР могли быть дорогостоящими, около 400 тыс. руб. Также в сумму ТСР включалась доставка до пациента или определённого центра, комплект необходимых или запасных деталей.

4.2 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли

Доля людей-инвалидов в России с каждым годом растёт, так как не имеется возможности использовать более прогрессивные препараты или методики лечения, как в западных странах, далеко не в каждом городе имеется возможность заниматься в специализированных центрах реабилитации, а также для изготовления индивидуальных аппаратов требуются большие финансовые ресурсы (рисунок 58) [43].

Численность людей с инвалидностью в России

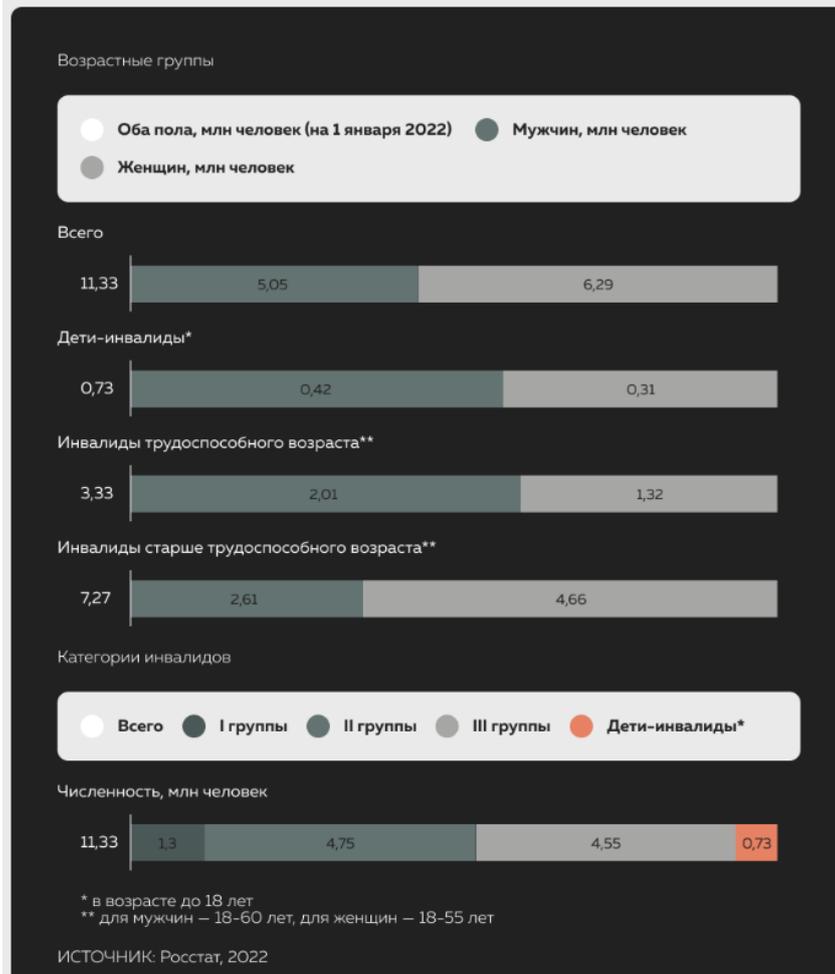


Рисунок 58 – Численность людей с инвалидностью в России

Компания «ТехноМед» показала, что аппараты для людей-инвалидов можно создавать индивидуально под каждого и что данные аппараты может позволить себе практически любой человек, предоставляя условия по рассрочке или погашение квоты на ТСР с помощью расширенного ИПРА (индивидуальная программа реабилитации и абилитации) от государства.

4.2.1 Планируемая стоимость продукта, а также производственный план

Цена аналогичных аппаратов на рынке варьируется от 200 000 до 1 200 000 руб.

Изготовление одного тренажёра длится дольше, чем изготовление партии, поэтому для расчёта себестоимости взята партия из 10 штук.

Например, при резки деталей на ЧПУ-станке [44] при серийной партии

будет затачиваться намного меньше времени, как и на сварку деталей, сборку аппарата и на покраску самого тренажёра. Корпус тренажёра будет состоять из фанеры: 40 мм. (2500x1250), 21мм. (1500x3000) и 5мм. (1025x1025), титанового прутка: 20мм. (BT20 20X1200-1600), лист металла: 20мм. (металл 1кв.м.) и различные крепления для механизмов: гайки, болты, шайбы, подшипники, декоративные элементы.

Расчёт стоимости материалов на изготовление партии из 10 штук приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость материалов

№	Наименование	Кол-во деталей	Стоимость, руб.
			10 шт.
	<i>Корпус</i>		
1	Металлическое основание	1	167 600
2	Деревянные накладки на основание	1	20000
3	Боковые механизмы для нижних конечностей	1	8050
4	Деревянные детали для верхних конечностей	1	5750
	<i>Комплектующие</i>		
5	Болты	420	500
6	Гайки	420	500
7	Шайбы	120	500
8	Подшипники	70	500
9	Гайка «Барашек»	40	500
10	«Ножки» напольные	40	2000
11	Амортизаторы	20	10000
12	Ремни для фиксации	90	3000
13	Пенополиэтилен	1	500
14	Soft-Touch Резина	1	500
	Итого		219 900

Стоимость материалов для партии из 10 штук 219 900 руб., в таком случае стоимость 1 шт. – 21 990 руб.

При производстве деталей будут использованы: ЧПУ-станки - для резки фанеры, лазерные ЧПУ-станки - для резки металла, трубогиб - для изгиба титанового прутка, сварочный аппарат - для сварки мест стыковок металла, шуруповёрт - для создания отверстий и закрутки гаек, пресс - для установки подшипников в узел, эпоксидная смола - для склеивания фанеры и пенополиэтилена, а также фанеры и Soft-Touch-резины.

Таблица 4 – Расчет полной себестоимости

Показатели	На месяц при планируемом объёме 10 штук
1 Производственная себестоимости (только запчасти) (переменная часть полной себестоимости)	219 900
2 Оплата подрядчиками	100 000
3 Фонд оплаты труда с начислениями	120 000
4 Офисные расходы	2 000
5 Аренда	20 000
6.Оргтехника, компьютеры и прочая офисная техника	100 000
Постоянная часть полной себестоимости	561 900
Итого полная себестоимость	781 800

Посчитав расходы организации, была получена постоянная часть полной себестоимости 561 900 руб. При добавлении себестоимости аппарата в 219 900 руб. и получается полная себестоимость в 781 800 руб. Если данное число разделить на партию из 10 штук, то получится полная себестоимость одного экземпляра - 78 180 руб.

Плановый уровень рентабельности – 25 %.

Плановая цена = $78\,180 + 25\% = 97\,725 \approx 98\,000$ руб.

Можно предлагать потенциальным покупателям продукт по более высокой цене, но делать скидку и продавать с якобы минимальной торговой наценкой за 98 000 руб.

4.2.2 Конкурентные преимущества создаваемого продукта, сравнение технико-экономических характеристик с отечественными и мировыми аналогами

Для анализа конкурентов были взяты аналоги реабилитационного оборудования: Вертикализатор передне - заднеопорный с разведением ног LIWCare COCO [45], Тренажёр для разработки верхних и нижних конечностей [46], Шагательный тренажёр типа Имитрон (рисунок 59) [47].

Вертикализатор передне - заднеопорный с разведением ног LIWCare COCO достаточно компактный, анализируя визуально, можно сказать о том, что зелёный цвет придаёт реабилитанту уверенность. В комплекте имеются колёсики для удобного перемещения тренажёра по помещению. Имеет необходимые механизмы для сгибания коленных суставов, присутствуют необходимые ремни и упоры для бёдер, коленей, сены и груди.



Рисунок 59 – Вертикализатор передне - заднеопорный с разведением ног LIWCare COCO [45]

Цена данного тренажёра равняется 282 000 руб. За дополнительную плату можно установить:

- 1) регулировка сгибания коленных суставов;
- 2) дополнительный ремень для тела;
- 3) стол;
- 4) подголовник многопозиционный;
- 5) боковые упоры для тела;
- б) выбрать размер из линейки S, M, L.

Тренажёр для разработки верхних и нижних конечностей представляет собой одноопорную стойку, со свисающими хватами для верхних конечностей и оправы в нижней части тренажёра для нижних конечностей (рисунок 60). Анализируя визуально, можно сказать о том, что зелёный цвет придаёт реабилитанту уверенность, однако «металлический» цвет труб, в основании тренажёра, внушает психически страх и неуверенность при работе с тренажёром.



Рисунок 60 – Тренажёр для разработки верхних и нижних конечностей
[46]

Цена данного тренажёра равняется 69 800 руб. Ручки, соединённые через блочки, предназначены для разработки плечевых и

локтевых суставов, повышению проводимости и кровотока. Педали предполагают возможность совершения маятниковых движений вперёд и назад от пациента.

Конструкция тренажёра даёт возможность соединить педали и ручки таким образом, чтобы держась за ручки было возможно поднимать ногу и наоборот, двигая ногой возможно двигать руку с ручкой. Занятия возможны в положении сидя и стоя.

Шагательный тренажёр типа Имитрон представляет из себя трёхопорную конструкцию из стали с синим цветом на точках соприкосновения аппарата с телом человека (рисунок 61). Синий цвет хорошо развивает умственные способности человека, придаёт терпения и активности, однако «металлический» цвет труб, в основании тренажёра, внушает психически страх и неуверенность при работе с тренажёром. В комплект поставки тренажёра входят необходимые механизмы для сгибания бедренных суставов (имитация ходьбы), присутствуют необходимые ремни и упоры для бёдер, коленей, спины и груди.



Рисунок 61 – Шагательный тренажёр типа Имитрон [47]

Цена данного тренажёра составляет 170 000 руб. Данный медицинский тренажёр назначают при реабилитации (кинезитерапии): параличе нижних конечностей, ДЦП и других двигательных расстройств, после травм и заболеваний спинного и головного мозга.

В таблице 5 представлен сравнительный анализ аналогов реабилитационных тренажёров.

Таблица 5 – Матричный анализ конкурентов среди тренажёров

№	Характеристика	Шаг за Шагом	Вертикализатор передне - заднеопорный с разведением ног LIWCare COCO	Тренажёр для разработки верхних и нижних конечностей	Шагательный тренажёр типа Имитрон
1	Цена (тыс. руб.)	98	282	69,8	170
2	Визуальный образ	+	+	-	-
2	Мягкие упоры	+	+	-	+
3	Взаимодействие с верхними конечностями	+	-	+	+
4	Бедренный механизм (шаг)	+	+	+	+
5	Коленный механизм (сгибание колена)	+	-	+	-
6	Голепонтопный механизм (сгибание голеностопа)	+	-	+	-

Преимущества разрабатываемого реабилитационного тренажёра перед конкурентами:

- 1) цена;
- 2) визуально-приятный образ;
- 3) взаимодействие с верхними конечностями;
- 4) наличие коленного механизма (сгибание колена);
- 5) наличие голеностопного механизма (сгибание голеностопа).

4.2.3 Бизнес-модель проекта. Производственный план и план продаж

Фанеру, металл, мелкие крепления, резину, ремни, пенополиэтилен планируется покупать у поставщиков. Части для металлического корпуса и деревянные детали вырезаются на ЧПУ-станках и варятся у подрядчиков, затем приезжают в офис и собираются компанией (рисунок 62).

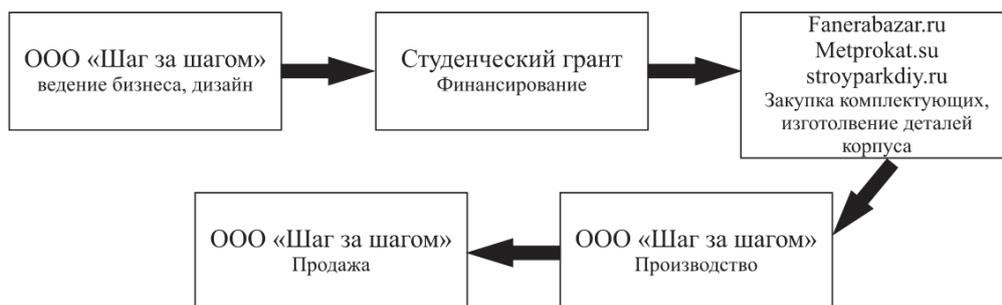


Рисунок 62 – Схема продаж

На рисунке 70 представлена схема продаж:

- 1) регистрация ООО «Шаг за шагом»;
- 2) разработка и представление объекта;
- 3) получение финансирования инвесторов;
- 4) заказ комплектующих и услуги подрядчиков;
- 5) сборка тренажёра в офисе;
- 6) продажа объекта.

В таблице 6 представлена бизнес-модель проекта по А. Остервальдеру.

Таблица 6 – Бизнес–модель проекта по А. Остервальдеру

Ключевые партнеры ООО«Фанерабазар» ООО «МетПрокат» ООО «Стройпарк» ООО «Винтбур»	Ключевые виды деятельности Дизайн, сборка, продажа аппаратов	Ценностные предложения Реабилитационный тренажёр, который поможет людям реабилитироваться с проблемами опорно-двигательного аппарата. Преимуществами являются: цена, визуальный образ, индивидуальные мягкие элементы для каждого пациента, возможность приобрести тренажёр по льготе от государства.	Взаимоотношения с клиентами Долгосрочная основа, гарантийное обслуживание, предоставление запасных деталей	Потребительские сегменты B2B B2C
	Ключевые ресурсы Дизайнер, сварщик, сборщик, конструктор		Каналы сбыта Прямые продажи Продажа организациям	
Структура издержек Переменные: 219 900 руб. Постоянные 561 900 руб. Инвестиционные (первоначальные) на первую партию 782 000 руб.			Потоки поступления доходов Выручка от продаж Пост гарантийное обслуживание	

При продаже тренажёров в количестве 10 штук по 98 000 руб. будет получено 980 000 руб. При вычитании себестоимости в размере 781 800 рублей, получается прибыль в размере 198 200 руб.

Предположительный срок самоокупаемости после разработки прототипа 1 месяц.

4.2.4 Стратегия продвижения продукта на рынок

Стратегия продвижения имеет целью – вывод нового уникального продукта на рынок реабилитационного оборудования.

Продвижение продукта планируется при участии на различных выставках, медицинских центрах, на личном сайте компании и партнёров.

Данное продвижение придаст продукту большую узнаваемость и расширение круга потенциальных покупателей.

Получение гранта позволит изготовить прототип и провести испытания.

В городе Томске находятся два специализированных реабилитационных центра для инвалидов. В ближайшем городе - Новосибирске пять. По всей России насчитывается больше ста специализированных реабилитационных центров для инвалидов.

Для увлечения объёма рынка, будет составлен перечень потенциальных центров для реабилитации людей и будет сделано адресное коммерческое предложение. Это позволит быстрее донести информацию о продукте и увеличит продажи реабилитационного аппарата.

Сайт с подробным описанием тренажёра и его функциями, сравнениями с другими аппаратами, даст возможность разместить рекламу в интернете, для увлечения охвата заинтересованных людей данной продукции.

Продажа тренажёра планируется как физическим лицам, так и продажей в специализированные центры. При покупке тренажёра инвалидом можно оплатить часть суммы или всю сумму за счёт государственных пособий. Данная процедура возможна при прохождении реабилитантом специальной комиссии МСЭК (Медико-социальная экспертиза) и получением расширенного ИПРА (Индивидуальная программа реабилитации и абилитации), где будет получена компенсация от ФСС (Фонда социального страхования).

Масштабные выставки и форумы по тематике медицинского оборудования, позволят охватить обширную нишу потенциальных покупателей.

Выставки медицинского оборудования в России на ближайший год [7]:

1) современное здравоохранение Южного Урала. Россия, Челябинск, ТРК «Гагарин-парк», с 27 по 29 сентября;

2) ярмарка здоровья - 2023 Специализированная ярмарка. Россия, Красноярск, 29 сентября по 1 октября;

3) здравоохранение 2023. Москва , ЦВК «Экспоцентр», с 4 по 8 декабря.

4) здоровый образ жизни. Москва 2023. Москва , ЦВК «Экспоцентр», с 4 по 8 декабря.

Для продвижения продукта необходимо задействовать как онлайн-каналы, так и офлайн, через партнёров.

Офлайн-канал:

За счёт брендирования товара можно добиться продвижения товара путём публикаций в газетах, радио, по телевизору различных медицинских журналов. Пиар продукта может быть через партнёров, у которых имеются реабилитационные центры, можно будет предложить наиболее выгодное предложение, путём снижения стоимости продукта. Используем прямой маркетинг.

Онлайн-канал:

Для онлайн-продвижения для продажи продукции проще найти целевую аудиторию путём настроек и таргета. SMM специалист поможет оформить рекламу для медийного продвижения. Это могут быть баннеры или лендинг. Возможно привлечение блоггеров к нативной рекламе. Использовать SEO, для лучшей настройки поиска реабилитационного оборудования. Видеоролики разрабатываемого аппарата смогут дать больше представления об использовании его и о его возможностях. Стоимость SEO-рекламы на таких площадках как «Яндекс» или «Google» стоит порядка 100 000 рублей по всем регионам России - ежемесячно. Реклама в сообщениях на почту и мессенджеры часто уходит в спам, поэтому после отправки необходимо обзвонить клиентов и уточнить предложение, дать краткое, но ёмкое описание продукта, заинтересовать потенциального покупателя.

Все действия должны формировать положительные эмоции у покупателей, желание купить и использовать продукт, который может дать новую жизнь человеку.

4.3 Выводы по разделу

В процессе выполнения проекта «Стартап как диплом» был проанализирован рынок, на котором будет продаваться разрабатываемый объект, определена общероссийская классификация видов экономической деятельности для продукта, были просчитаны материалы на изготовление партии из 10 штук, просчитана переменные и постоянные издержки, была просчитана цена продажи реабилитационного оборудования на рынок. Далее был проведён сравнительный анализ аналогов, организована схема продаж, бизнес-модель и была сформирована стратегия продвижения продукта на рынок.

5 Социальная ответственность

Социальная ответственность - ответственность отдельного учёного и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Научная работа по разработке сушки для тела человека производилась в помещении площадью 24 м². Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 7 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 8 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет 24 м², объем составляет 55.2 м³. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Исходя из приведённых выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проёма (форточки), а также дверного проёма. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³ [1]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счёт систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в тёплое время года – за счёт кондиционирования, с параметрами согласно [2]. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [3].

5.1.2. Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространённых в производстве вредных факторов является шум. Он создаётся вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, вентиляторами процессора работающего компьютера, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА [4].

Свежий воздух можно запускать в помещение, открывая окно на проветривание. Проветривание помещений в холодный период времени допускается не более одно раза в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА [5].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1) устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

2) изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов,

например любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);

3) применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты;

1) применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

5.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряжённость электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [39]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [1]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряжённость электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.) [6].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию. Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по *ОСТ 54 30013-83*):

В диапазоне СВЧ = 300...300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ Д_{0П}) при времени облучения (τ облуч.) в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при тоблуч., равном 2 ч,- 100 мкВт/см² и при τ облуч, равном 15...20 мин, - 1000 мкВт/см² (при обязательном использовании защитных очков). В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см². Для лиц, профессионально не связанных с облучением, и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ:

- 1) защита временем;
- 2) защита расстоянием;
- 3) снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- 4) заземление экрана вокруг источника;
- 5) защита рабочего места от излучения;

СИЗ:

1) Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2) Вместо обычных стёкол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

5.1.4. Недостаточная освещённость.

Для обеспечения требуемой освещённости необходимо использовать совмещённое освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по

сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещённости на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- 1) выбор системы освещения;
- 2) выбор источников света;
- 3) выбор светильников и их размещение;
- 4) выбор нормируемой освещённости;
- 5) расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение.

Параметры помещения: длина (А) - 6м, ширина (В) - 4м, высота помещения (Н) - 2,3м, свес (h_c) - 0,05, высота Р.П. ($h_{рп}$) - 0,75, высота от светильника до Р.П. (h) - $H - h_p - h_c$, коэффициент отражения стен (R_c) - 30%, коэффициент отражения потолка (R_p) - 70, коэффициент запаса (Кз) - 1.5 коэффициент неравномерности (Z) - 1.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

Размер рабочего помещения: длина $A = 6$ м, ширина $B = 4$ м, высота $H = 2,3$ м. Площадь помещения = 24 м^2 . Высота рабочей поверхности $h_{рп} = 0,75$ м. Высота свеса светильника $h_c = 0,05$ м. Требуется создать освещённость $E_n = 200$ лк.

Коэффициент отражения стен, где светлые обои $R_c = 30\%$, белого потолка $R_p = 70 \%$. Коэффициент запаса $K_z = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1$.

В помещении один потолочный светодиодный светильник дневного света (белый холодный цвет с цветовой температурой 4800К, длина – 0,6 м, ширина – 0,6 м). Освещение установлено в центральной части потолка.

Взяв $h_c = 0,115$ м, определяем расчётную высоту (высоту подвеса светильника):

$$H_p = H - (h_c + h_p) = 2,3 - 0,05 - 0,75 = 1,5 \text{ м};$$

Индекс помещения:

$$i = (A * B) / H_p (A + B) = (6 * 4) / (1,5 * (6 + 4)) = 1,6$$

По таблице 5 коэффициент использования светового потока $\eta = 0,38$.

Наиболее подходящим вариантом является 40 ваттная лампа ЛБ, у которой $\Phi = 2800$ лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД-2-40 с размерами: длина = 1230 мм, ширина = 266 мм.

Находим количество ламп для помещения

$$N = E_n * S * K_3 * Z / \Phi * \eta = 200 * 24 * 1,5 * 1,1 / 2800 * 0,38 = 7,4;$$

$$N = (200 * 6 * 4 * 1,5 * 1) / (2800 * 0,38) = 6,76 \approx 7$$

Получаем 7 ламп, при этом 3,5 светильников. Для чётности возьмём 4 светильников, 8 ламп..

Размещаем светильники в 2 ряда с соблюдением условий: L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/2$.

Сначала определим световой поток расчётный.

$$F_{\text{расч.}} = (200 * 24 * 1,5 * 1) / (8 * 0,38) = 2\,368,42$$

Проведём проверку выполнения условия соответствия:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}}) / \Phi_{\text{расч}}) * 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (2800 - 1\,578,94) / 2\,368,42 * 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq +18,22\% \leq + 20\%$$

Результат расчёта укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N * P_i = 8 * 40 \text{ Вт} = 320 \text{ Вт.}$$

Теперь определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$6000 = L_A + 2 * 1230 + 2/3 * L_A; \quad L_A = 2124 \text{ мм};$$

$$L_A / 3 = 708 \text{ мм};$$

$$4000 = L_B + 2 * 266 + 2/3 * L_B; \quad L_B = 2\,080,8 \text{ мм};$$

$$L_B / 3 = 693,6 \text{ мм.}$$

Рисуем схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения (рисунок 63).

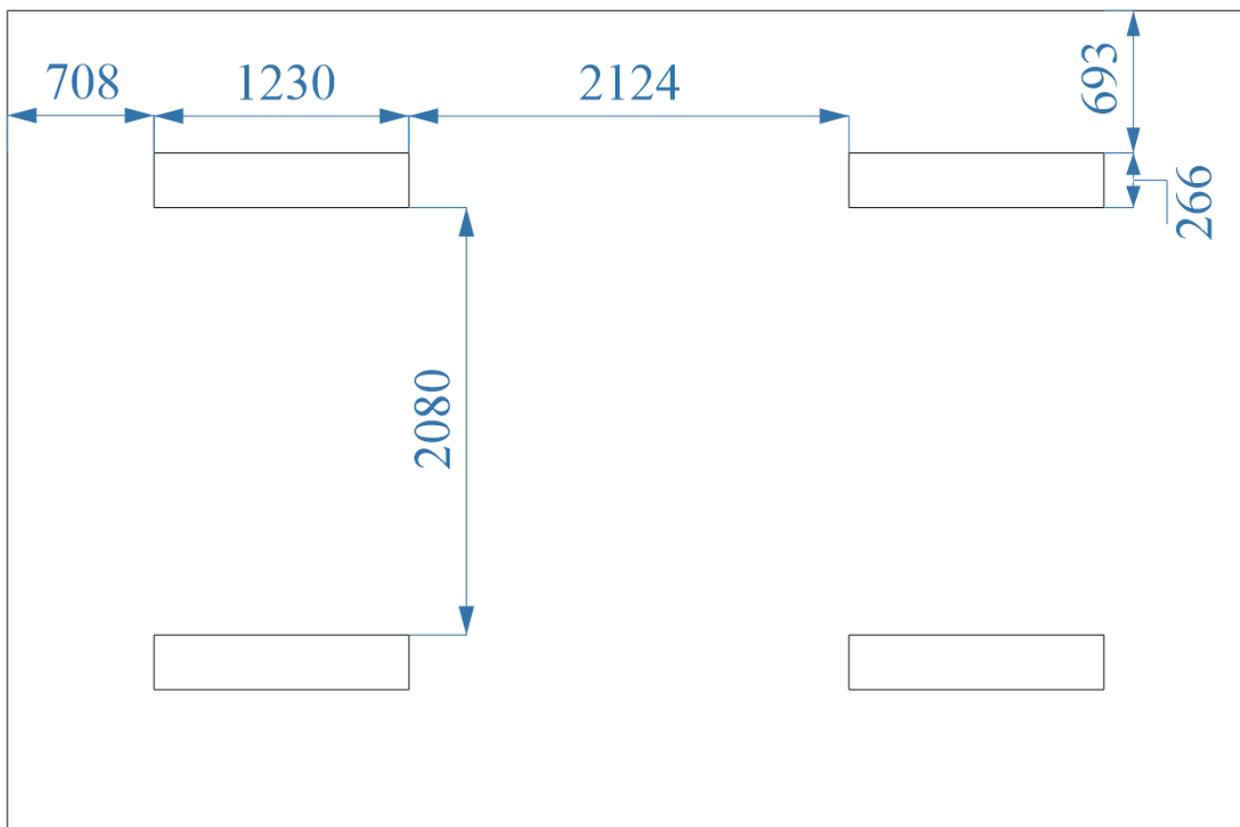


Рисунок 63 – План размещения светильников на потолке.

Проведём проверку выполнения условия соответствия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} * 100\% \leq +20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$-10\% \leq (2800 - 2368,42) / 2368,42 * 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% \leq 18,22\% \leq +20\%$$

Результат расчета укладывается в поле допуска.

5.1.5 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ;

Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая

пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземлёнными металлическими корпусами оборудования [41].

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1$ А; $U < (2-36)$ В; $R_{\text{зазем}} < 4$ Ом.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

- 1) защитное заземление, зануление;
- 2) малое напряжение;
- 3) электрическое разделение сетей;
- 4) защитное отключение;
- 5) изоляция токоведущих частей;
- 6) оградительные устройства.

Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1) Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

5.1.6. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В–горючие и трудно горючие жидкости, твёрдые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только

гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

1) халатное неосторожное обращение с огнём (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1) специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

2) специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

3) первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4) автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Комната полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображён на (рисунок 64).

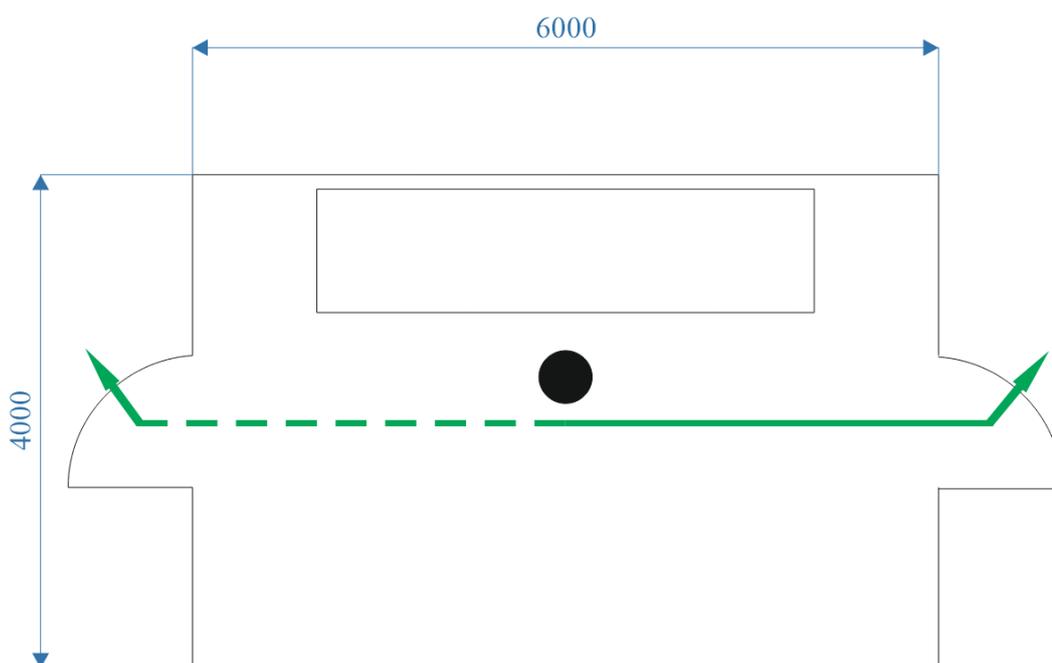


Рисунок 64 – План эвакуации

5.1.7. Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- 1) свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- 2) ртуть(поражает мозг и нервную систему);
- 3) никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- 4) щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- 1) отделить металлические детали от неметаллов;
- 2) разделить углеродистые металлы от цветмета;
- 3) пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объёма;
- 4) копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельчённые компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объёмом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие

лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами

5.1.8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определённой территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензоэлектростанции; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) тёплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

На рабочем месте наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надёжной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта,

расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации. В случае с рабочей комнатой, не допускать попадание посторонних на рабочее место к компьютеру. Установить пароль, не оставлять компьютер с открытыми документами.

Горящую электропроводку и электроприборы нельзя тушить водой.

В случае, если нет возможности справиться с огнем, необходимо немедленно покинуть помещение.

При высокой температуре и задымленности следует передвигаться ползком, прикрывая нос и рот влажной тряпкой или рукавом рубашки.

При невозможности эвакуироваться следует загерметизировать своё помещение, и звать на помощь через окна или балкон.

5.1.9. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке мер обеспечения безопасности были использованы следующие документы:

1. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 "ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты"
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

11. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

5.1.10. Выводы по разделу

Раздел социальной ответственности выпускной квалификационной работы содержит освещение вопросов, которые касаются обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях, охраны труда и окружающей среды. В данном разделе были проанализированы вредные и опасные производственные факторы, а также приведены рекомендации по уменьшению их влияния на человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были пройдены следующие обязательные этапы:

- 1) проведена научно-исследовательская работа по выбранной теме;
- 2) пройдены все стадии разработки собственного проекта;
- 3) выполнен действующий макет с соблюдением материалов;
- 4) подготовлена графическая часть для презентации проекта.

В результате проделанной работы на тему «использование бионики в дизайн-проектировании реабилитационного оборудования» были решены следующие задачи:

- 1) изучение теоретического материала по тематике бионики;
- 2) изучение теоретического материала в применении формообразования и колористического решения на основе бионических методов;
- 3) изучение теоретического материала в теме особенностей дизайна реабилитационного оборудования
- 4) изучение и использование цветовых сочетаний и форм бионических объектов для дизайн-проектирования реабилитационного оборудования
- 5) исследование бионических форм для использование их свойств в дизайне реабилитационного оборудования
- 6) создание эскизных решений и их анализ на основе бионических методов;
- 7) создание и проведение опроса по визуальному восприятию эскизных решений с использованием метода семантического дифференциала;
- 8) анализ и подведение итогов опроса эскизных решений с использованием метода семантического дифференциала;

9) выбор и использование свойств бионических форм в разработке конструкции реабилитационного оборудования;

10) создание 3D-модели проектируемого оборудования;

11) определение необходимых материалов и технологию производства;

12) создание презентационного видеоролика;

13) расчёт финансовой стоимости проекта;

14) оценка критериев безопасности при разработке и эксплуатации

15) подведение итогов выполненной работы.

В ходе работы над ВКР были систематизированы и закреплены навыки и знания в области промышленного дизайна. Это стало основанием для научного исследования в проектировании дизайнерских задач. Главная цель проекта была достигнута благодаря последовательному и рациональному решению поставленных задач.

Грамотный подход к работе и разумное использование методов проектирования позволили исключить возможность критических ошибок в ходе ВКР. А предварительное выявление проблем позволило провести их анализ и определить альтернативный подход, способный решить поставленные задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонардо да Винчи. Суждения. ISBN: 5-699-10925-0. Год издания: 2006. С. 216.
2. Ищенко Л. Д. Тематический план занятий по курсу «Бионика», 2008 год. С. 32.
3. Шевелев И. Ш. Принцип пропорции. - Москва: Стройиздат, 1986 год. С. 200 с.
4. Elias S Vasiliadis, Theodoros B Grivas & Angelos Kaspiris (Historical overview of spinal deformities in ancient Greece). – [Электронный ресурс]. – URL: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-7161-4-6/figures/21> (дата обращения: 15.05.2023).
5. Е. Климович. Тренажёры-раритеты (Москва). Журнал «Наука и жизнь» 2007 год. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/12105/> (дата обращения: 15.05.2023).
6. С. В. Ходарев, С. В. Гавришев, В. В. Молчаноский, Л. Г. Агасаров. Принципы и методы лечения позвоночника (вертикальное вытяжение позвоночника) 2013 год. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://ormed.ua/principy-i-metody-lecheniya-pozvonochnika-vertikalnoe-vytyazhenie-pozvonochnika> (дата обращения: 15.05.2023).
7. Патент Ортезной системы. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=cfb6d47f8d8c8e1fc0123c6c5e988534> (дата обращения: 15.05.2023).
8. Кольца Гиппократы. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://thepresentation.ru/medetsina/vvedenie-v-travmatologiyu-i-ortopediyu-1> (дата обращения: 15.05.2023).

9. И. М. Данилов. Остеохондроз для профессионального пациента. ISBN: 978-599-0653-69-6. Год издания 2019. С. 416.
10. Аппараты Густава Цандера (1835-1920) : механотерапевтические тренажеры. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://helen-history.com/apparaty-gustava-czandera-1835-1920-mehanoterapevticheskie-trenazhery/> (дата обращения: 15.05.2023).
11. Вертикализатор детский. – [Электронный ресурс]. – URL: https://med-ob.ru/detskie-vertikalizatory/vertikalizator-s-razvedeniem-nog-liw-coco__ (дата обращения: 15.12.2021)
12. Шаболовская телебашня. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://liveinmsk.ru/places/pamyatniki/shabolovskaya-telebashnya> (дата обращения: 15.05.2023).
13. Письмо к И.П.Эккерману от 19 февраля 1829 г. См. J.W.Goethe. Schriften zur Farbenlehre 1790-1807, DKV, Bd. XXV, S. 576.
14. Михалец И.В., Лагутова Д.А. Влияние цвета на психику человека / Пензенский государственный университет, Педагогический институт им. В. Г. Белинского, 2017.
15. Гормон счастья: 95% серотонина находится в кишечнике. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://econet.ru/articles/125549-gormon-schastya-95-serotonina-nahoditsya-v-kishechnike> (дата обращения: 15.05.2023).
16. Гусеница-бабочка-барон. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://kulturologia.ru/blogs/090815/25697/> (дата обращения: 15.05.2023).
17. Животные - мастера маскировки. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ridus.ru/mastera-kamuflyazha--25-zhivotnyh-kotorye-genialno-maskiruyutsya-253529.html> (дата обращения: 15.05.2023).
18. Павлины. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Павлины> (дата обращения: 15.05.2023).

19. Храменкова О. М. Лист как орган фотосинтеза: практ. рук-во по теме УСР / О. М. Храменкова; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Чернигов: Десна Полиграф, 2016 г. – С. 32.
20. Глаза у кошки. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belanta.vet/vet-blog/pochemu-svetyatsya-koshachie-glaza-v-temnote/> (дата обращения: 15.05.2023).
21. Кухта М.С. История и методология дизайн-проектирования : учебник. В 2 частях. Часть 1. История дизайн-проектирования / М.С. Кухта ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 154 с.
22. Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 297 с.
23. Неудачное изобретение суперкара. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mentoday.ru/technics/garage/10-superkarov-priznannyh-hudshimi/> (дата обращения: 15.05.2023).
24. Хмелевский Ю. П. Исследование формообразования корпуса реабилитационного тренажёра / Ю. П. Хмелевский // Технология художественной обработки материалов: сборник статей XX национальной научно-практической конференции Донской государственной технической университет – Ростов-на-Дону: ДГТУ. — 2017. — С. 444.
25. Кожевникова, О.В. Метод семантического дифференциала / О.В. Кожевникова, С.А. Вьюжанина // Издательский центр «Удмуртский университет». — 2016. — С. 120.
26. Хмелевский Ю. П. Исследование формообразования корпуса реабилитационного тренажёра // Технология художественной обработки материалов: сборник статей XX национальной научно-практической

- конференция Донской государственный технический университет – Ростов-на-Дону: ДГТУ. — 2017. — С. 444.
27. Вертикализация пациентов в процессе реабилитации клинические рекомендации // Национальная ассоциация по борьбе с инсультом
28. Общероссийская общественная организация содействия развитию медицинской реабилитологии «Союз реабилитологов России» Межрегиональная общественная Организация – Москва – 2014 – С. 59.
29. Мамонтов Г.Я., Хмелевский Ю.П., Хмелевский Д.А. Михнёв /Основные тенденции использования бионики в промдизайне реабилитационного оборудования // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 21–25 марта 2022 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022 г. С. 338.
30. Гуртовой Н. Н., Держинский Ф. Я. Г95 Практическая зоотомия позвоночных. Птицы. Млекопитающие: Учеб. пособие для биол. спец. вузов.— Москва: Высш. шк., 1992 г. С.414.
31. Уголев Б.Н. У261 Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник для сред. проф. образования / Борис Наумович Уголев. — М.: Издательский центр «Академия», 2004 г. С. 272.
32. Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006 г. С. 297.
33. Кухта М.С. История и методология дизайн-проектирования: учебник. В 2 частях. Часть 1. История дизайн-проектирования / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021 г. С. 154.

34. К 49. Клиническая анатомия нижней конечности: учебное пособие/ Г. И. Сонголов, О. П. Галеева, С. Н. Редков, А. А. Юдин ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии – Иркутск: ИГМУ, 2015 г. С. 80.
35. Хмелевский Ю.П., Кухта М.С. /Особенности выбора цветовых решений в дизайн-проектировании объектов зоны медицинской реабилитации // Универсальный дизайн - Равные возможности - Комфортная среда, 2019. Сборник докладов III Национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019 г. С. 79-83.
36. Программа SolidWorks. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.solidworks.com/> (дата обращения: 01.05.2023).
37. Программа Blender. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.blender.org/> (дата обращения: 01.05.2023).
38. ОКВЭД - Общероссийский классификатор видов экономической деятельности. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.regfile.ru/okved2.html> (дата обращения: 01.05.2023).
39. Объем рынка медицинской реабилитации в России. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://marketing.rbc.ru/research/41941/> (дата обращения: 01.05.2023).
40. Финансовая отчетность компании ТехноМед. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://kontragent.skrin.ru/issuers/1157017004660> (дата обращения: 01.05.2023).
41. Статистика поисковых запросов от «Яндекс». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://wordstat.yandex.ru> (дата обращения: 01.05.2023).
42. Компания «Техномед». – [Электронный ресурс]. – URL: technomed.pro (дата обращения: 01.05.2023).

43. Анализ рынка тренажеров в России. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://gidmark.ru/cat1/analiz-rynka-trenazherov-v-rossii> (дата обращения: 01.05.2023).
44. ЧПУ-станок. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://3d-stanki.ru/spravochnik/populyarno-o-sovremennykh-stankakh-s-chpu/chto-takoe-stanki-s-chpu/> (дата обращения: 01.05.2023).
45. Вертикализатор передне - заднеопорный с разведением ног LIWCare СОСО. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://med-ob.ru/detskie-vertikalizatory/vertikalizator-s-razvedeniem-nog-liw-coso> (дата обращения: 01.05.2023).
46. Тренажёр для разработки верхних и нижних конечностей. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://royal-sport.ru/trenazhery/trenazhery-dlja-invalidov/mehanoterapija-kinezoterapija/trenazher-dlja-razrabotki-verhnih/> (дата обращения: 01.05.2023).
47. Шагательный тренажёр типа Имитрон. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://mir-rehab.ru/katalog/reabilitatsionnye-trenazhery/reabilitatsionnyj-trenazher-dlja-hodby/shagatelnyj-trenazher-tipa-imitron-detskij>. (дата обращения: 01.05.2023).
48. Статистика поисковых запросов от «Яндекс». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://trends.google.ru/trends> (дата обращения: 01.05.2023).
49. Данные ООН об инвалидах в мире. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.un.org/ru/rights/disabilities/background_7.shtml (дата обращения: 01.05.2023).
50. Выставки и форумы по тематике медицинского оборудования. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.totalexpo.ru/theme/15.aspx> (дата обращения: 01.05.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Раздел магистерской диссертации на иностранном языке

The use of bionics in the design of rehabilitation equipment

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ11	Михнёв Денис Андреевич		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Серяков В.А.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ	Персидская Анастасия Сергеевна			

2 Artistic part

2.1 The use of the semantic differential method in the visual evaluation of form and coloristic solutions in rehabilitation equipment design sketches

This paper presents the application of the semantic differential method to assess the design quality of a rehabilitation simulator. The validity of the choice of this object for the design estimation consists in necessity of creation of the visual form and color solution of the product, influencing on the emotional state of the person, contributing to the fastest rehabilitation [1] It is necessary to note that the method of the semantic differential is directed not on experts, but on usual people who should estimate the simulator by their emotions, on the level of sensations.

We will carry out an experiment in the form of a test, using the semantic differential method, and find out how much the visual subjective perception of colors and shapes for the modern man corresponds to the Goethe, Lusher and Chidzieva hypotheses. Respondents of different ages and genders are asked to rate each rehabilitative equipment in terms of visual perception on a series of bimodal and ten-point scales, the poles of which are set by means of antonyms. To maximize the accuracy of the experiment, the bimodal ten-point scales were chosen to match or be close to the definitions of Goethe, Lüscher, and Chidzieva.

The bimodal ten-point scales in terms of visual perception were divided into 2 groups:

the first group, these are the characteristics by which one can directly assess the equipment in terms of visual perception: Fine – Harsh; Positive – Negative; Beautiful – Ugly.

The second group, these are characteristics that can be used to identify a person's latent emotional perception of the appearance of the equipment: Merry – Sad; Cheerful - Dismal; Pleasant – Disgusting; Alive – Lifeless.

For the accuracy of the analysis of the data obtained in each scale, the definition on the left is defined as visually positive and its maximum value

corresponds to 0 points, and the definition on the right is defined as visually negative and its maximum value corresponds to 10 points.

After questioning, the results of the assessments were obtained and their average values were calculated according to the formula:

$$O_{cp} = \frac{O_1 + O_2 + O_3}{n}$$

Where O_{sr} is the average value of the design score on the seven scales in terms of visual perception,

O_1, O_2, O_3 – evaluations of each respondent and n – the number of respondents.

The data on the subjective evaluations of the design of the three rehabilitation simulators from the point of view were structured in Table 1.

Table 1. Mean value of the design scores on seven scales in terms of visual perception

№	Bimodal ten-point scales	Trainer 1	Trainer 2	Trainer 3
1	Merry – Sad	5,2	4,3	5,3
2	Graceful – Harsh	4,4	4,1	5,6
3	Positive – Negative	4,8	4,5	5,4
4	Pleasant – Disgusting	5,4	4,5	5,5
5	Cheerful – Dismal	4,6	4,3	5,7
6	Alive – Lifeless	4,4	4,1	5,1

7	Beautiful – Ugly	5	4,6	5,8
	Total	34,1	30,6	38,7

For clarity of perception, based on the results of Table 1, graphs for evaluating the design of simulators from the point of view of visual perception were built (figure 1).

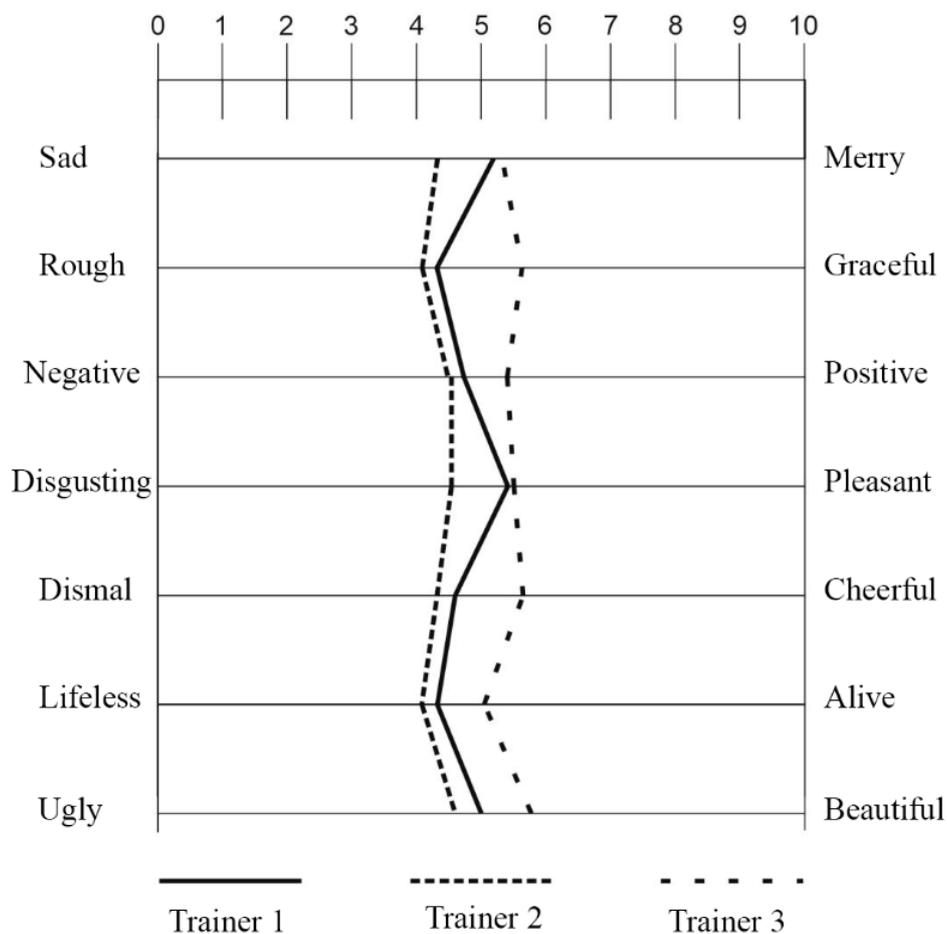


Figure 1 – Estimation graphs of the simulators design from the point of view of visual perception

The first sketch solution was created on the basis of bionic design methods, using plastic forms and many decorative elements. The coloristic solution also used bionic shades, a warm beige color on the driving elements, green color on the elements of human fixation and white is the main color of the product's body.

In the second sketch solution, although the bionic design method was used in choosing the frame of the product, but its elements have more of a geometric shape, with many right angles. Speaking about the coloristic solution, the use of warm beige on the moving elements can be regarded as a success, since this color is quite dynamic and will contribute to activation of movements on the simulator, but the use of blue, both on the body of the device, and on the elements of fixation of the person can be regarded as unsuccessful, since the elements of fixation of the person should be visually contrast emphasized for the best functional orientation of the patient, when using the simulator.

The third design solution, similarly to the first one, was created on the basis of bionic design methods using bionic forms, but in this sketch it was decided to reject decorative elements in order to form a more laconic and bionic strict form. The coloristic solution in this simulator can be defined as the most successful, as the dynamic elements are highlighted in warm beige, and the fixation elements are painted in a cool, blue color that inspires confidence and peace. The body of the product is painted, as in the first version, in a neutral, white color.

This problem was solved using the semantic differential method [2] The presented method is based on the phenomenon of synaesthesia, i.e. thinking by analogy, when some sense perceptions arise under the influence of others. We will make sketches of the object under study. Using the semantic differential method, a survey was conducted using a scale system. 88 people participated in the survey. Men and women from 18 and up to 35 years old and older participated in the survey. Three designs of rehabilitation equipment were chosen for the survey – bionic, mechanical and a symbiosis of these two simulators. We will consider the first of the simulators – the bionic one.

The age of the participants ranged from 18 to 35 years old and over. Individuals under 18 did not participate in the survey (figure 2).

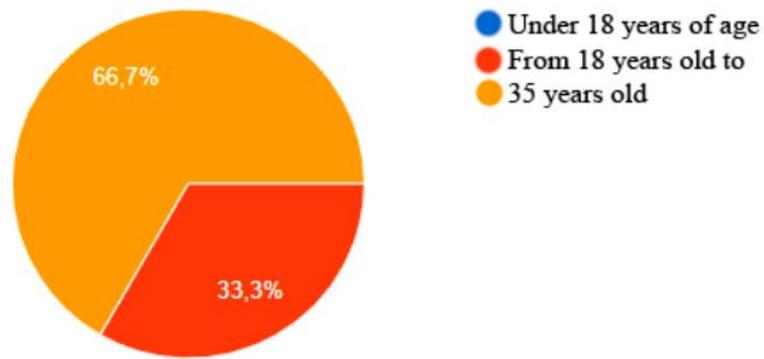


Figure 2 – Diagram of respondents' age

Among the respondents, the %age ratio of males to females was 56 to 44 % (figure 3).

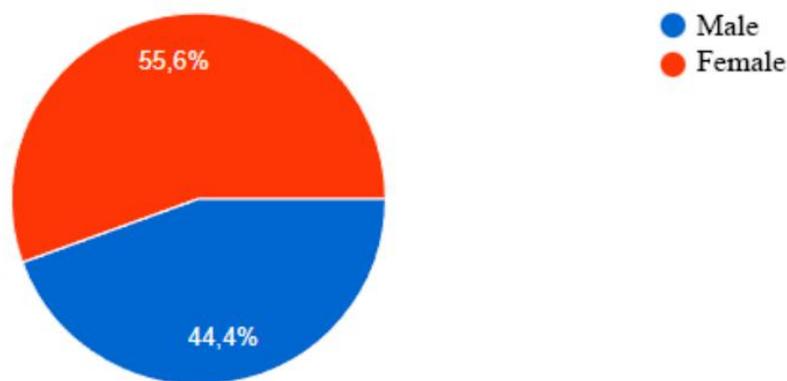


Figure 3 – Diagram showing the %age ratio of women to men

2.2 Trainer 3

Three rehabilitation simulators were selected for respondents to evaluate. In terms of scores, the first place was occupied by machine number 3 (figure 4).

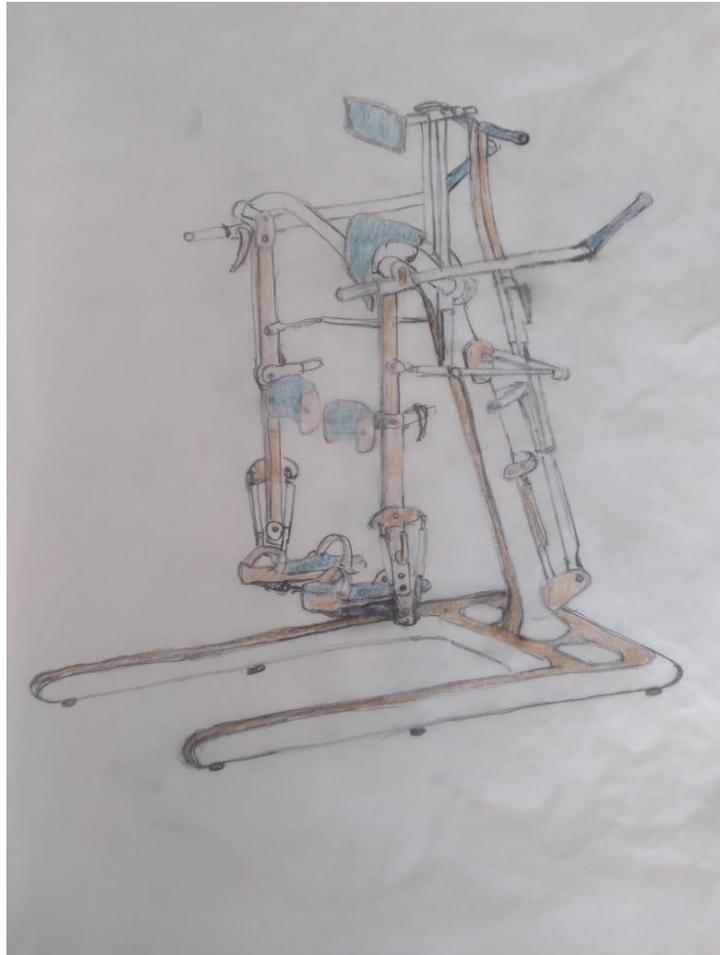


Figure 4 – Rehabilitation simulator based on the principles of bionics

Proceeding from the answers, we can clearly see that 60 % of the people voted for the option "beautiful" or close to it (from 6 to 9 points). The majority of them were women, over 35 years old. For the option "ugly" voted women from 18 to 35 years old (figure 5).

Ugly or beautiful (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is ugly and 10 is beautiful)?

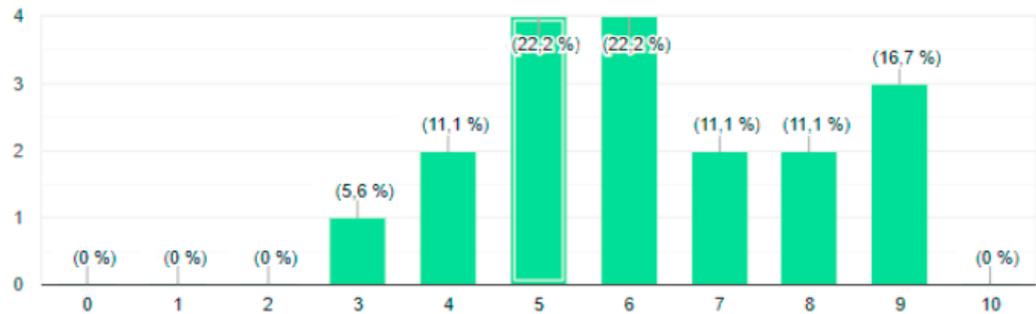


Figure 5 – Rating scale of the simulator according to the criteria "ugly or beautiful"

About 66 % of the respondents voted for the option "merry" or close to it (from 6 to 9 points). Most of them were men over 35 years old. Women 18 to 35 years old, women, and men over 35 voted for the "sad" option (figure 6).

Merry or sad (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is sad and 10 is merry)?

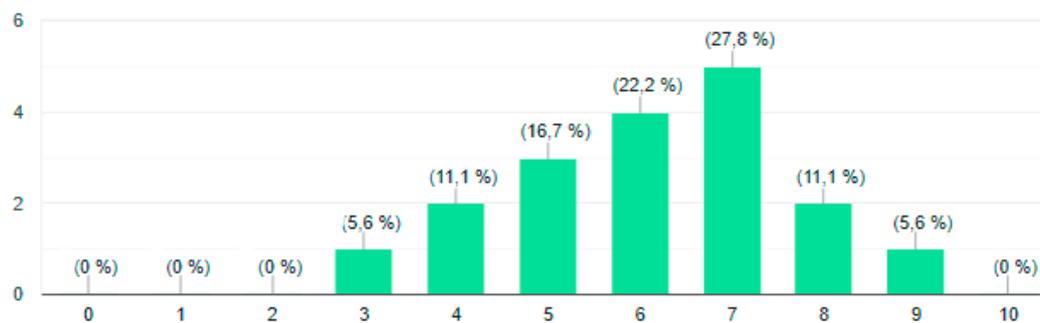


Figure 6 – Trainer rating scale for the "merry or sad" criteria

1.3Trainer 1

Simulator number 1 came in second place. This simulator especially stands out for such characteristics as: beautiful, pleasant, beautiful (figure 7).

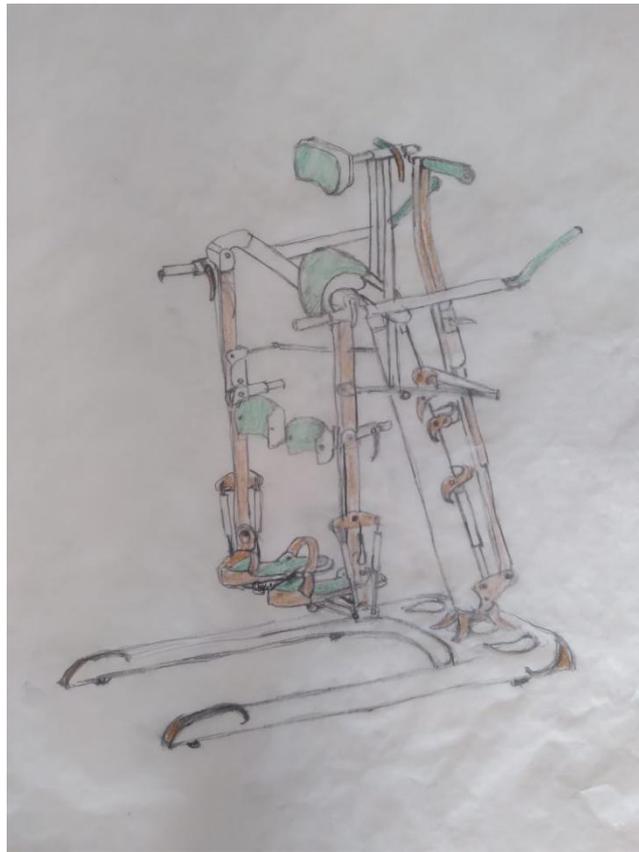


Figure 7 – Rehabilitation training machine with decorative inserts

About 45 % of the respondents voted for the option "merry" or close to it (from 6 to 10 points). Most of them were women, over 18 to 35, and women over 35. The "sad" option was exclusively voted for by men over 35 years old (figure 8).

Merry or sad (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is sad and 10 is merry)?

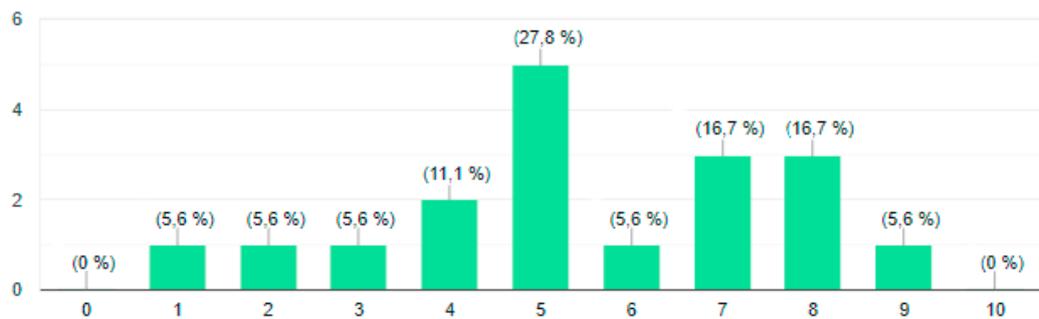


Figure 8 – Scale for rating the simulator according to the "sad or merry" criteria

The majority of the votes, namely 49 %, of those who voted that this simulator is pleasant. An equal number of men over 35 years old and women between 18 and 35 years old voted for this option. Men between 18 and 35 years old voted for the "sad" option (figure 9).

Disgusting or pleasant (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is disgusting and 10 is pleasant)?

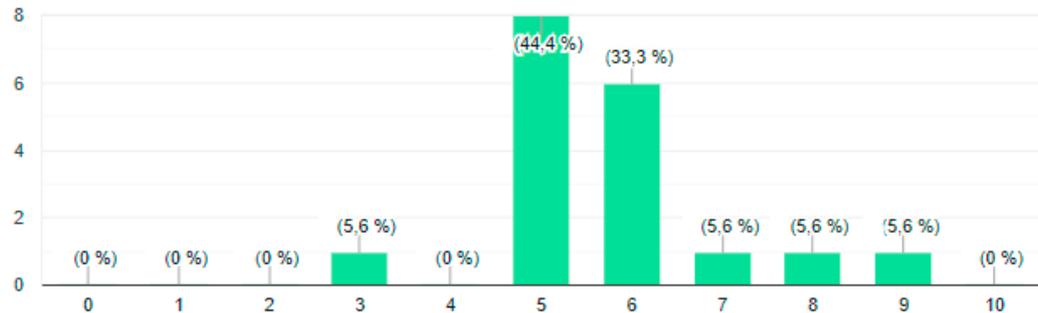


Figure 9 – Rating scale of the simulator according to the criteria "disgusting or pleasant"

Based on the answers, we can clearly see that 33 % of people voted for the option "pleasant" or close to it (from 6 to 9 points). These were women, 18 to 35 years old and men over 35 years old. Women over 35 years old voted for the "disgusting" option (figure 10).

Ugly or beautiful (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is ugly and 10 is beautiful)?

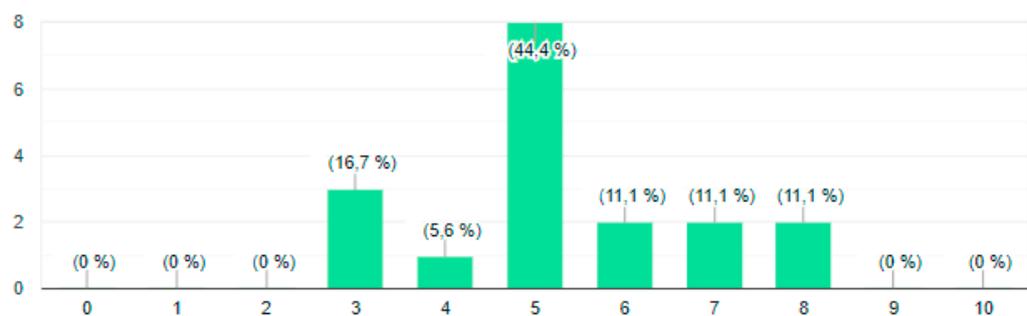


Figure 10 – Trainer rating scale for "ugly or beautiful" criteria

1.4 Trainer 2.

On the third place there was the simulator number 2. This simulator especially stands out by such characteristics as: lifeless, negative and dismal (figure 11).

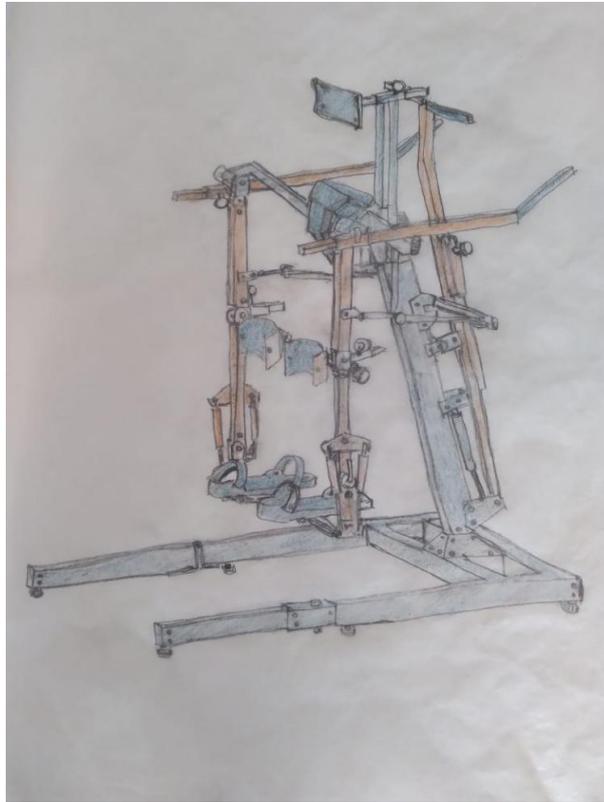


Figure 11 – Rehabilitation simulator based on the principles of mechanics

About 49 % of respondents voted for the "sad" option or close to it (0 to 4 points). Most of them were women over the age of 35. 18 to 35-year-old women and men over 35 voted for the "cheerful" option (figure 12).

Cheerful or dismal (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is sad and 10 is merry)?

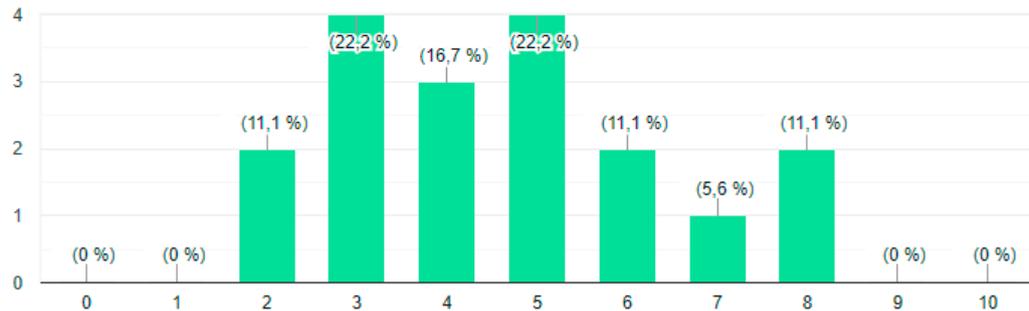


Figure 12 – Scale for evaluating the simulator according to the "cheerful or dismal" criteria

The majority of votes, namely 50 % of voters, voted that this simulator was lifeless. An equal number of men and women over 35 and one girl between 18 and 35 years old voted for this option. Women between 18 and 35 years old voted for the "lifeless" option (figure 13).

Lifeless or alive (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is lifeless and 10 is alive)?

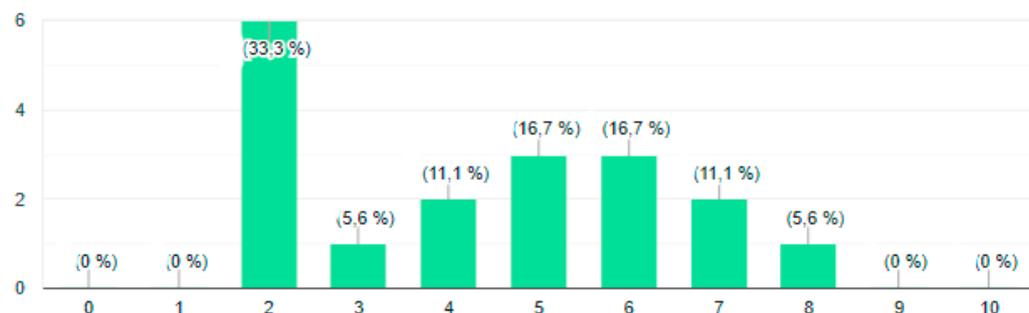


Figure 13 – Rating scale of the simulator according to the criteria "lifeless or alive"

The characteristic "harsh" of the selected criteria also turned out to be higher in %age than graceful, namely 61 % versus 36 %. Among the respondents, there was an equal number of men and women over 35, as well as women between 18 and 35 years old. Women between 18 to 35 years old and a man over 35 voted for the "graceful" option (figure 14).

Graceful or rough (Rate your rating of the simulator on a 10-point scale, where 0 is rough and 10 is graceful)?

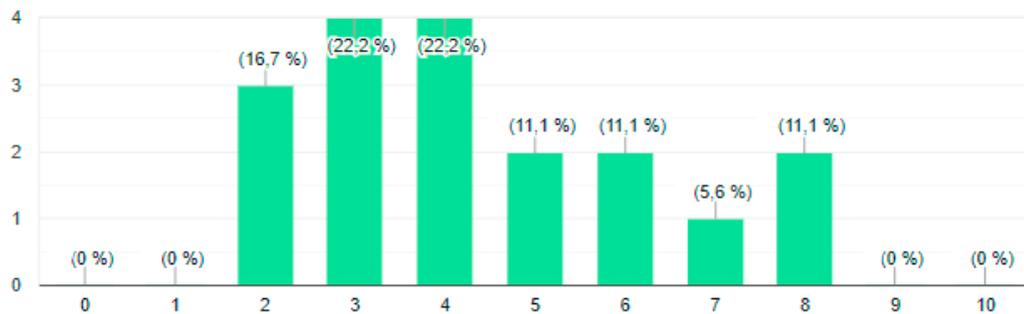


Figure 14 – Rating scale of the simulator according to the criteria "graceful or graceful".

Based on the test data, we can see that "Trainer 2" has the lowest total score, only "graceful or harsh", "negative – positive", "alive – lifeless" scales have actually the same number of points as "Trainer 1". "Trainer 1" received a higher total score than "Trainer 2," but less than "Trainer 3. Notably, "Trainer 3" scored higher than "Trainer 1" and "Trainer 2" on all scales. "Trainer 3" received the highest total score and is, according to the majority of respondents, the most visually comfortable. It should be noted that "Trainer 1" is also close to "Trainer 3" in terms of the "cheerful - dismal" and "pleasant – disgusting" scales. In addition, the respondents' evaluation of "Trainer 3", i.e. which design would be the best, on some scales such as "graceful - harsh", "Cheerful – Sad" and "Beautiful – Less beautiful" was far from maximum, as opposed to "pleasant – disgusting" and "cheerful - dismal" scales. We can conclude that, from the point of view of visual perception, some positive properties of the rehabilitation simulator should be present to the maximum, and some to a certain extent.