

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

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 54.03.01 Дизайн
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ДИЗАЙН ОБОЛОЧКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПАССИВНОЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГИМНАСТИКИ

УДК 004.92-025.13:615.825.1/.2-022.231-024.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8д41	Царенко Дмитрий Сергеевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Колобовникова Ю.В.	д.м.н.		
Руководитель ООП	Вехтер Е.В.	к.п.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Рахимов Т.Р.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2018 г.

Результаты обучения (компетенции выпускников)

На основании ФГОС ВПО, стандарта ООП ТПУ, критериев аккредитации основных образовательных программ, требований работодателей выявляются профессиональные и общекультурные компетенции, на основании которых, в соответствии с поставленными целями определяются результаты обучения.

Выпускник ООП «Дизайн» должен демонстрировать результаты обучения – профессиональные и общекультурные компетенции. Планируемые результаты обучения, приобретенные к моменту окончания вуза, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять основные законы социальных, гуманитарных и экономических наук в комплексной дизайнерской деятельности	Требования ФГОС (ОК-1; 4; 8; 9; 15; ПК-4; 5; 6)
P2	Анализировать и определять требования к дизайн-проекту, составлять спецификацию требований и синтезировать набор возможных решений и подходов к выполнению дизайн-проекта; научно обосновать свои предложения, осуществлять основные экономические расчеты проекта	Требования ФГОС (ОК-1; 2; 4; 9; ПК-1; ПК-4)
P3	Использовать основы и принципы академической живописи, скульптуры, цветоведения, современную шрифтовую культуру и приемы работы в макетировании и моделировании в практике составления композиции для проектирования любого объекта	Требования ФГОС (ОК-1; 6 ПК-2; 3)
P4	Разрабатывать проектную идею, основанную на концептуальном, творческом и технологичном подходе к решению дизайнерской задачи, используя различные приемы гармонизации форм, структур, комплексов и систем и	Требования ФГОС (ОК-2; 3; 13; 14 ПК-3; 4; 5)

	оформлять необходимую проектную документацию в соответствии с нормативными документами и с применением пакетов прикладных программ	
P5	Вести преподавательскую работу в образовательных учреждениях среднего, профессионального и дополнительного образования, выполнять методическую работу, самостоятельно читать лекции и проводить практические занятия	Требования ФГОС (ОК-1; 2; 3; 6; 7; 13; 15 ПК-2; 6;)
Общекультурные компетенции		
P6	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности в комплексной дизайнерской деятельности	Требования ФГОС (ОК-1, 5, 9, 10, 12, 13)
P7	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	Требования ФГОС (ОК-14)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6; 7;- 15)

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

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 54.03.01 Дизайн
 Отделение школы автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Вехтер Е.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Д41	Царенко Дмитрий Сергеевич

Тема работы:

Дизайн оболочки устройства для пассивной лечебной гимнастики	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является устройство для пассивной лечебной гимнастики экзоскелетного типа. Отличительной особенностью данного устройства является инновационный тип двигателя, требующий оригинального дизайна внешней оболочки и внутренней конструкции. В то же время требуется обеспечить общую прочность конструкции, лёгкость сборки и ремонта, и комфортность долговременного повседневного использования. Также для повышения уровня удобства использования устройства, необходимо разработать комплект сменных модулей.</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;</i></p>	<p>Основные пункты аналитического обзора по литературным источникам: поиск и анализ существующих аналогов устройств экзоскелетного типа. Изучение и поиск специальной литературы по конструкции устройств такого типа. Основная задача проектирования: разработка эргономичной конструкции и художественно-эстетического решения устройства для пассивной лечебной гимнастики. Содержание процедуры проектирования: анализ аналогов; поиск дизайн-кон-</p>

<i>заклучение по работе).</i>	цепции; разработка эскизов; выбор цветовой схемы; эргономический анализ; 3D-моделирование создание чертежей; разработка планшета и визуальная подача объекта.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Графический сценарий, эскизы концептуальных решений, схемы проектируемых объектов, графический и эргономический анализ, чертежи, графический функциональный анализ, два демонстрационных планшета формата А0.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Оформление ВКР	Давыдова Евгения Михайловна
Разработка художественно-конструкторского решения	Давыдова Евгения Михайловна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рахимов Тимур Рустамович
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Оформление конструкторской документации	Фех Алина Ильдаровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры патофизиологии ФГБОУ ВО СибГМУ	Колобовникова Ю.В.	д.м.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д41	Царенко Дмитрий Сергеевич		

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

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 54.03.01 Дизайн

Уровень образования Бакалавр

Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.10.2017 г.	Утверждение плана-графика, формулировка и уточнение темы, анализ аналогов.	5
06.11.2017 г.	Работа над ВКР – Формулировка проблемы в выбранной сфере дизайна. Сдача первого раздела ВКР, эскизы.	10
5.02.2018 г.	Работа над ВКР – Формообразование (объект), 2 часть. На основе полученного материала – статья.	10
23.04.2018 г.	Чертежи. Работа над ВКР – 3D модель, 3 часть, презентационная часть.	15
30.05.2018 г.	Нормоконтроль текста	10
01.06.2018 г.	Работа над ВКР – Макетирование	10
10.06.2018 г.	Сдача разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры патофизиологии ФГБОУ ВО СибГМУ	Колобовникова Ю.В.	Д.М.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Е.В.	К.П.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 130 страниц, 82 рисунка, 15 таблиц, 81 источник, 12 приложений.

Ключевые слова: промышленный дизайн, медицинское оборудование, экзоскелет, лечебная гимнастика, компьютерная графика.

Объектом исследования является устройство для пассивной лечебной гимнастики экзоскелетного типа.

Цель работы: разработка дизайна внешней оболочки устройства.

В процессе исследования

Проанализирована ситуация на рынке устройств экзоскелетного типа, выявлены потенциальные потребители, изучены существующие аналоги, и выявлены их недостатки. С учётом полученной информации выбраны конструктивные, функциональные и эстетические решения, и проведён процесс дизайн проектирования от эскизов до 3Д моделей и конструкторской документации. Так же для демонстрации результатов проектирования созданы демонстрационные материалы, планшеты, макет и видеоролик. Разработаны элементы фирменного стиля, произведена оценка безопасности проекта и его финансовая оценка.

В результате исследования создан дизайн-проект устройства для пассивной гимнастики, включающий в себя набор модулей повышавших его размерную масштабируемость.

Содержание

Введение	11
1 Научно-исследовательская часть	12
1.1 Обзор существующих аналогов	12
1.2 Анализ существующих решений	26
1.3 Выбор материала	29
1.4 Выбор системы регулировки	31
1.5 Выбор материала подкладок	31
1.6 Предмет исследования	34
1.7 Методы исследования	34
2 Проектная часть	37
2.1 Эскизирование и выбор концепции	37
2.2 Выбор цветовой схемы	38
2.3 Опрос потребителей	40
3 Разработка художественно-конструкторского решения	41
3.1 Моделирование вариантов конструкции	41
3.2 Эргономический анализ	53
3.3 Создание вспомогательного инструмента	55
3.4 Расчёт расхода материала на конструкцию	58
3.5 Модульные сетки	58
3.6 Выбор шрифта	61
3.7 Создание фирменного знака	62
3.8 Создание шаблонов для презентации	66
3.9 Создание видеоролика	69
3.10 Изготовление макета	71
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	74
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований	

с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	74
4.2 Потенциальные потребители результатов исследования	75
4.3 Анализ конкурентных технических решений	77
4.4 Технология QuaD	78
4.5 SWOT-анализ	79
4.6 Определение возможных альтернатив проведения научно-исследовательских работ	79
4.7 Планирование научно-исследовательских работ	79
4.8 Структура работ в рамках научного исследования	80
4.9 Определение трудоемкости выполнения работ	80
4.10 Разработка графика проведения проектной работы	81
4.11 Бюджет на разработку дизайн-проекта	82
4.12 Расчет материальных затрат	82
4.13 Основная заработная плата исполнителей	82
4.14 Контрагентные расходы	83
4.15 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	84
4.16 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84
5 Социальная ответственность	88
5.1 Производственная безопасность	89
5.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	90
5.3 Защита от шума	91
5.4 Повышенная или пониженная температура воздуха на рабочем месте	92
5.5 Нервно-психические перегрузки	94
5.6 Недостаточная освещенность рабочей зоны	96
5.7 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	96

5.8	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях	96
5.9	Электрический ток	97
5.10	Пожаровзрывобезопасность	99
5.11	Экологическая безопасность	99
5.12	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	100
5.13	Необходимые действия при возникновении пожара в помещении	101
5.14	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	101
	Заключение	104
	Список использованных источников	105
	Приложение А	113
	Приложение Б	114
	Приложение В	116
	Приложение Г	117
	Приложение Д	118
	Приложение Е	121
	Приложение Ж	122
	Приложение К	123
	Приложение Л	126
	Приложение М	127
	Приложение Н1	129
	Приложение Н2	130

Введение

Актуальность в проектировании и производстве нового оборудования для пассивной лечебной гимнастики становится очевидна, если взглянуть на данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). На данный момент в мире насчитывается 750 миллионов [1] лиц с ограниченными физическими возможностями, а по Минтруд: в России проживает около 12,5 млн [2]. В то же время, если Рынок оборудования экзоскелетного типа, к которому относится данное оборудование, в 2014 году стоил \$16.5 миллионов [3], то к 2021 году его цена вырастет до \$2.1 миллиарда. Лидерами на данном рынке являются такие крупные компании как Syberdyne, Daewo, Ekso Bionics, Locked Martin, Parker Hannifin, Rewalk, Rex Bionics, Sarcos и др. Так же наши соотечественники из компании Экзоатлет выходили на рынок в 2016 году, при привлечении около 16 млн. рублей государственных инвестиций [4]. В то же время министерство здравоохранения Японии включило экзоскелеты в систему обслуживания по медицинскому страхованию [5]. Всё это говорит о крайней востребованности подобных разработок, как на рынке товаров, так и в государственных фондах поддержки развития науки и предпринимательства, что делает ведение подобных разработок весьма привлекательным занятием. Таким образом, в работе рассматриваются вопросы и решаются задачи направленные на повышение эффективности работы аппарата для пассивной лечебной гимнастики, и повышения уровня его конкурентоспособных качеств [6].

Задачи исследования

В то же время ставятся задачи обеспечения: прочности конструкции, лёгкости сборки и ремонта, и особенно комфортности долговременного повседневного использования. Потому как данный аппарат будет выступать не только в качестве тренажёра, но и в качестве средства помогающего пользователю с ограниченными физическими возможностями выполнять повседневные действия (бытовые и профессиональные).

1 Научно-исследовательская часть

1.1 Обзор существующих аналогов

В первую очередь рассмотрим само понятие экзоскелет. Изначально это термин использовался биологами для обозначения хитинового скелета покрывающего тело некоторых видов беспозвоночных таких как: моллюски, насекомые (кузнечики) и другие членистоногие (например, крабы), изображены на рисунке 1. Он выполняет функции поддержки тела, находящегося внутри, а также защиты от проникновения инфекций внутрь организма [7].



Рисунок 1 – Бионические аналоги

Долгое время человек размышлял о том, как создать что-то аналогичное для собственного использования. Первыми попытками можно считать изготовление комплектов доспехов в различные эпохи развития человека, например, германский готический доспех конца XV века, мастера Лореца Хельшмидта [8], изображён на рисунке 2.



Рисунок 2 – Германский готический доспех

Постепенно, с ходом развития технологий, люди пришли к мысли что подобную амуницию можно преобразовать в таком ключе, что бы она позволяла человеку проще справляться с поставленными задачами, по типу переноски грузов, либо преодолении больших расстояний пешком, с меньшими затратами собственных сил. Впервые прототип подобного устройства был запатентован русским изобретателем Н.А. Ягном. Эластипед изображённый на рисунке 3 предназначался для облегчения бега и прыжков с амуницией. В наше время подобная технология реализована в «джамперах» для «пауэрбекинга» [9] нового вида экстремального спорта. Подобные устройства относятся к пассивному типу экзоскелета, то есть у них нет источника питания, и работают они за счет усилий пользователя. Такой тип ЭС увеличивает силу пользователя благодаря своей конструкции, и лишь помогает ему легче выполнять задачи [10].

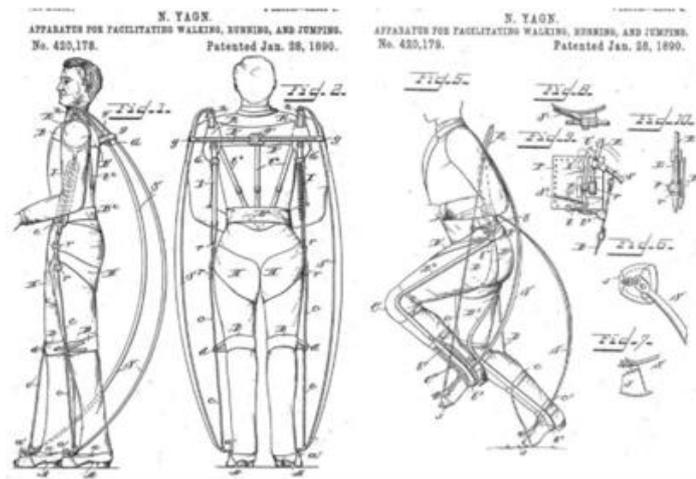


Рисунок 3 – Эластипед Н.А. Ягна

В середине 20-го века уровень технологий дошёл до создания первых активных экзоскелетов, использующих для своей работы питание и дополнительные двигатели. Первый активный экзоскелет Hardiman, на рисунке 4, представила американская компания General Electric в 1965 г. [11].



Рисунок 4 – Экзоскелет Hardiman

Данный проект, в целом не был успешным, так как из-за не совершенной системы управления, постоянно возникали неконтролируемые резкие движения аппарата. В итоге он так и не был протестирован с человеком внутри, и работы по данному проекту были прекращены в 1971 году. Первый

активный медицинский экзоскелет изображённый на рисунке 5, был создан в 1969 году, в институте им. Михаила Пупина в Белграде. Работы велись под руководством Миомира Вукобратовича, специалиста в области робототехники и механики [12].



Рисунок 5 – Экзоскелет М. Вукобратовича, воспроизводящий походку, близкую к антропоморфной

Впоследствии работы проводились в НИИ механики МГУ, им. М.В. Ломоносова совместно с советскими коллегами, а также в Центральном Государственном Институте Ортопедии и Травматологии (ЦИТО). И уже в 1974 г. был продемонстрирован аппаратный комплекс, предназначавшийся для оценки уровня развития ортопедических устройств, фотографии на рисунке 6. В качестве приводов использовались электромеханические двигатели. Данный аппарат помогал движению ног, и поддерживал верхнюю часть тела, с помощью специального корсета. Был аппаратно-запрограммирован воспроизводить походку похожую на человеческую [13].

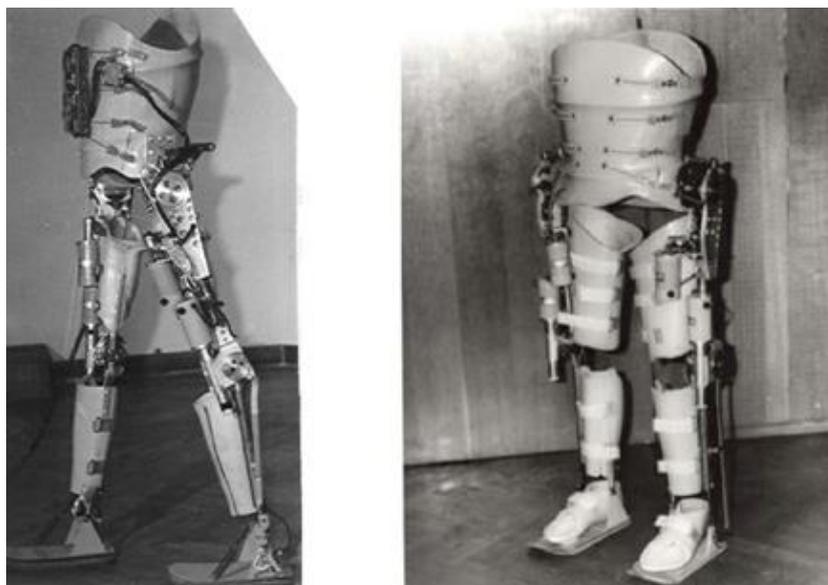


Рисунок 6 – Экзоскелеты М. Вукобратовича медицинского назначения

Итогом разработок М. Вукобратовича в 1978 г. стала «активная экипировка» изображённая на рисунке 7, для помощи людям страдающим дистрофией. Проект реализовывался в сотрудничестве с американскими организациями SRS (Social & Rehabilitation Services) и NSF (National Science Foundation). Данный аппарат приводился в движение уже под управлением микрокомпьютера, с помощью электромеханических приводов. Эта разработка ещё интересна тем, что на определённом уровне эстетично выглядит, в то время как предыдущие разработки являлись демонстрационными моделями, и их дизайну внимание не уделялось совсем [14].



Рисунок 7 – "Активная экипировка" М. Вукобратовича

Дальнейшие разработки экзоскелетов шли без освещения в прессе, и только в последнем десятилетии компании начали освещать плоды своих разработок в СМИ. Так в 2004 году в сети появилась информация о разработанном в США экзоскелете BLEEX, на рисунке 8, компанией Berkeley Robotics & Human Engineering Laboratory [15]. Это аппарат гибридного типа, то есть не вся его конструкция приводится в движение за счёт работы моторов. Часть работы выполняется за счёт правильно организованной структуры сочленений, работающих пассивно. Если рассматривать его с эстетической точки зрения, то в конструкции данной разработки предусмотрен защитный корпус, стилизовано пластически повторяющий контуры ноги пользователя.



Рисунок 8 – Автономный экзоскелет нижних конечностей BLEEX

Следующей разработкой, появившейся на рынке, является разработка Hybrid Assistive Limb от Cyberdyne Corporation, фотографии рисунке 9, [16] в первые озвученная в 2008 году. Данный комплекс предназначается для помощи людям, имеющим проблемы с опорно-двигательным аппаратом. Позволяет пользователю ходить, поднимать груз и передвигаться по лестнице. Состоит из нижней части для ног и верхней для рук. Управляется биоэлектрическими сигналами, исходящими от тела пользователя. С эстетической точки зрения данная разработка интересна тем, что корпусные детали имеют общий композиционный ключ, представляющий каплевидные элементы покрывающие шарниры, с синим кольцом посередине, подсвеченным светоди-

одами. Такой ход позволяет визуально выделить подвижные элементы конструкции, создать динамику всего ансамбля и придать живость образу.



Рисунок 9 – Hybrid Assistive Limb от Cyberdyne Corporation

в 2009 году американская оборонная компания Lockheed Martin представила свою модель экзоскелета под названием HULC, изображённый на рисунке 10. Данный аппарат создан что бы предохранить бойцов от травмы позвоночника, которая может возникнуть вследствие того, что по долгу службы бойцам приходится переносить не только личное снаряжение, но и тяжёлые ящики с амуницией и оборудованием необходимыми для решения полевых задач. С эстетической точки зрения данный проект интересен тем что его дизайн позволяет носить экзоскелет под просторной одеждой, что важно в боевых условиях для сохранения маскировки. Данная возможность стала доступна благодаря успешной компоновки силовых и несущих узлов устройства принципами пластического моделирования, когда несущая конструкция плавно перетекает в функциональные узлы. Также в планах компании создать медицинский экзоскелет для людей уже получивших травмы. Интересной особенностью данного комплекса являются две само сматывающиеся грузовые стропы, устанавливающиеся на спине пользователя, которые позволяют ему удерживать и переносить грузы перед собой.

В тоже время фирма изготовитель собирается выпустить медицинскую версию экзоскелета, для людей уже получивших травмы позвоночника. Только в штате Теннесси проживает 700000 человек нуждающихся в данной

помощи. Так же 600000 человек перенёсших инсульт могли бы воспользоваться данной технологией для реабилитации и восстановления [17].



Рисунок 10 – HULC от Lockheed Martin

В 2010 году, так же американской компанией Raytheon был продемонстрирован экзоскелет XOS 2 [18], который многократно увеличивает силу человека, позволяет ему выполнять такие упражнения как прыжки, бег, отжимания и подтягивания. Пользователь данной машины может с её помощью, без труда разбивать кирпичные стены и перебивать деревянные бруссы. Слабыми сторонами данной разработки являются его зависимость от внешнего источника питания, из-за высокого уровня энергопотребления, и грубый, не эстетичный дизайн, выполненный исключительно по принципам функциональности. Фотография на рисунке 11.



Рисунок 11 – XOS 2 от Raytheon

В 2012 году израильская компания ReWalk Robotics получила сертификацию на выпуск и продажу своего экзоскелета, который позволяет парализованному человеку сидеть, стоять, ходить и даже подниматься по лестнице. Фотография на рисунке 12. Данный экзоскелет имеет широкую степень регулировок под рост, вес и комплекцию пользователя. Модель внедрена в клиническую практику в Европе. С эстетической точки зрения данный проект так же хорошо проработан, чётко прослеживается стилистическая взаимосвязь между элементами конструкции, так же аппарат имеет несколько цветовых решений [19].



Рисунок 12 – Экзоскелет от ReWalk Robotics

На данный момент венцом творения американских компаний, занимающихся производством экзоскелетов является проект TALOS, изображённый на рисунке 12, целью которого является создание комплекта для солдат, который смог бы многократно повысить их безопасность. Основа этого комплекта - бронированный экзоскелет, защищающий солдата от повреждений. Позволяет свободно и активно двигаться, с грузом, не превышающим 45 килограмм. Что интересно, экзоскелет способен самостоятельно останавливать кровотечение. Что же касается дизайна, то силовые элементы конструкции скрыты броне пластинами маскировочного окраса и с наружи весь комплект выглядит как хорошо организованный комплект доспеха. На вооружение ВС США должен поступить в 2018 году [20].



Рисунок 13 – TALOS

В 2014 году на рынке появилось интересное изобретение учёных из Швейцарии. Это экзоскелет поддерживающего типа, который позволяет людям находиться в полусогнутом положении без особых усилий. Не стесняет движений при ходьбе. Данный экзоскелет очень полезен для тех профессий, где человеку приходится по долгу работать стоя в одном положении. Материалами послужили углеродное волокно и алюминий, что существенно повысило прочность конструкции, и снизило её вес [21]. Фотография на рисунке 14.



Рисунок 14 – Chairless Chair

В 2014 году в Испании стартап Marsi Bionics впервые представил медицинский экзоскелет для детей. Возрастная группа – дети от 3-х до 14-и лет. Планируемое использование как в стационаре для реабилитации детей, так и реабилитации к повседневной жизни. Материалами для данного аппарата выступили титан и алюминий, общий вес конструкции составил 12 килограмм. Экзоскелет, изображённый на рисунке 15, выполнен в общем стиле и состоит из прямоугольных блоков, расположенных вдоль ноги, и рюкзака с батареей, так же стилизованного под общую концепцию. Широкий охват возрастной группы обусловлен гибкой системой регулировки размера. Аппарат самостоятельно подстраивает жёсткость в соответствии с состоянием пациента [22].



Рисунок 15 – Медицинский экзоскелет от Marsi Bionics

Отечественные разработки так же не стоят на месте. Так, к 2015 году команда из НИИ Механики МГУ разработали несколько типов экзоскелетов под маркой «ЭкзоАтлет». Фотографии разработки на рисунке 16. Первым проектом был экзоскелет пассивного действия повышающий выносливость человека при переноске грузов. Экзоскелеты активного же действия предназначены для медицинских целей для помощи людям с проблемами опорно-двигательного аппарата.

Если пассивный вариант аппарата не имеет, какого-либо эстетического вида, как и корпуса, то активный вариант вполне хорошо проработан, тектоника верхнего и нижнего элементов ноги экзоскелета плавно перетекает друг в друга, разделяясь гибким подвижным элементом. Подобных ход поз-

воляет сохранить целостность конструкции, оставляя манёвр для регулирования размера.

На данный момент аппарат проходит клинические испытания в НМХЦ им. Н.И. Пирогова [23].

Ориентировочная стоимость 1.5 млн рублей.



Рисунок 16 – ЭкзоАтлет - пассивный и активный варианты экзоскелетов

В том же 2015 году известный производитель автомобилей Hyundai представил свой промышленный экзоскелет H-LEX [24] покрывающий все конечности пользователя, изображён на рисунке 17. Основной целью данного устройства является помощь рабочим при переноске больших тяжестей на производстве, до 50 кг на спине и до 100 перед собой. Главным минусом являются его большие габариты, и сложность работы с манипуляторами. Однако он имеет гибкую подстройку под пользователя различной комплекции. Так же сильной стороной данного аппарата является его эстетичность, так как все его части имеют схожий принцип построения формы и общее цветовое решение.



Рисунок 17 – H-Lex от Hyundai

Тогда же Японская компания Innophys выпустила собственный экзоскелет, изображённый на рисунке 18, предназначенный для поднятия тяжестей весом до 30 килограмм [25]. Основными потребителями данного аппарата – люди, занятые в тяжёлой промышленности, а также медицинский персонал работающий людьми с физическими ограничениями. Интересной особенностью данного аппарата является его силовая установка, представляющая собой пневматические мышцы, расположенные в алюминиевом кожухе на спине пользователя. Эстетика к сожалению, является слабой стороной данного проекта, так как открытые функциональные узлы, во-первых, не создают уверенности в жёсткости конструкции, а во-вторых увеличивают шанс проникновения пыли и грязи внутрь. Что в свою очередь снизит срок службы устройства, и к тому же является травмоопасным.



Рисунок 18 – Экзоскелет от Innophys

Стартап 2016-го года, из Калифорнии, Superflex является экзоскелетом для помощи пожилым людям, и при восстановлении после физических травм и параличей. Фотография устройства на рисунке 19. Помогает при ходьбе, вставании, движении рук и ног. С эстетической точки зрения проект интересен тем, что не имеет жёсткого каркаса и выглядит как дополнительная одежда по типу мото-экипировки [26].



Рисунок 19 – Экзоскелет от Superflex

В 2016 году американская компания SuitX представила бюджетный экзоскелет, который позволяет человеку с параличом нижних конечностей самостоятельно ходить. Фотография устройства на рисунке 20. Двигатели в данном экзоскелете расположены только на бёдрах пользователя, что существенно снижает цену, габариты и вес устройства. Но в то же время такой ход резко сократил его функционал, в нём нельзя подниматься по лестнице, заниматься бегом либо просто быстро ходить. Однако Данная разработка обладает сравнительно невысокой стоимостью \$40 тысяч. Простота конструкции позволяет пациенту самостоятельно надевать аппарат. А модульная структура позволяет гибко настраивать размер [27].



Рисунок 20 – Phoenix от SuitX

1.2 Анализ существующих решений

Проблемой именно разрабатываемого устройства является отсутствие оригинального дизайна и дополнительных решений, которые повышают его конкурентоспособность на рынке, по сравнению с уже производящимися аналогами.

В первую очередь необходимо рассмотреть решения уже существующие на рынке, для того что бы определить какие именно позиции следует модернизировать в конструкции изделия, для повышения его конкурентоспособности на рынке. В приложении А приведён анализ уже существующих решений. Исходя из приведённых в приложении данных, можно сделать ряд выводов, относительно данной проблематики. Во-первых, далеко не все модели экзоскелетов имеют регулировку размера и подгонку под индивидуального пользователя, а это в свою очередь значительно снижает круг конечных пользователей. В то же время все модели экзоскелетов, за исключением Fortis основаны на использовании движущей силы электромеханических моторов либо гидравлических приводов, что значительно повышает стоимость и трудоёмкость изготовления, и снижает отказоустойчивость общей конструкции.

Рассматривая свойства конкретнее:

- для механики, это большое количество движущихся частей в моторах, и их перегрев.
- для гидравлики и пневматики, использование жидкости или газа под давлением, что серьёзно повышает риск травм пользователя

В то же время из приведённого в приложении обзора можно заметить постепенное, и достаточно резкое, в последнее время, появление всё новых экзоскелетов на рынке, и постепенное снижение их цены. Так же очевидно, что большинство экзоскелетов на рынке медицинского типа. Медицинские экзоскелеты предназначены для помощи людям с ограниченными физическими возможностями реабилитироваться после болезней или тяжёлых травм, либо восстановить двигательные функции с помощью самого аппарата [28]. Для того что бы определить, какое же место занимают медицинские эк-

зоскелеты в индустрии общего их производства, можно провести классификацию экзоскелетов по нескольким их характеристикам и способам использования. Для наглядности приведём классификационную схему устройств подобного типа на рисунке 21.



Рисунок 21 – Схема классификации аналогов.

Приведённая выше схема наглядно демонстрирует, что на данный момент, наиболее часто используемыми устройствами на рынке, являются рамные экзоскелеты нижних конечностей, с активным приводом, используемые в медицине. Теперь, после того как был проведён обзор истории возникновения и видов экзоскелетов, необходимо произвести анализ аналогов данной продукции за последние 10 лет. Это поможет определить достоинства и недостатки существующих экзоскелетов. Для этого воспользуемся методом классификации и сравнения объектов дизайна, приведённым в статье Р.Ю. Овчинниковой [29]. Сравнительный анализ изображён на рисунке 22.



Рисунок 22 – Обзор аналогов

Приведённый выше сравнительный обзор значительно поможет в проектировании собственных решений для объекта данной работы. Что в свою очередь, в итоге сделает его конкурентоспособным на рынке оборудования данного типа. Отличительной же особенностью разрабатываемого устройства является оригинальный тип привода, основанный на использовании нитиноловых мышц [30]. В отличие от приводов на основе гидравлических, пневматических либо серво приводных систем, используемых в аналогах, нитиноловые мышцы располагаются довольно компактно, в одной трубке диаметром 12 мм. Рабочая же часть привода занимает места не много больше, чем сам шарнир устройства, остальное место занимает система охлаждения нитинола. Благодаря малым габаритам привода, устройство требует оригинального дизайна внешней оболочки и внутренней конструкции, который обеспечит не только требуемые свойства изделия как: общая прочность конструкции, эстетичность и комфортность долговременного повседневного использования, но также и лёгкость сборки и ремонта. Данная

необходимость обусловлена тем, что аппарат будет распространяться как пакет моделей и чертежей для самостоятельной 3Д печати.

Так же здесь необходимо отметить преимущества разрабатываемого аппарата над аналогами:

- оригинальный привод, работающий на принципе памяти формы, содержит всего два, движущиеся попеременно, элемента. Это значительно повышает отказоустойчивость общей конструкции, а также её ремонтпригодность;

- резко снижается вес конструкции, что положительно сказывается на энергопотреблении, так как снимается дополнительная нагрузка собственного веса;

- значительно снижается общее энергопотребление по сравнению с аналогами, так как для достижения температуры в 45 градусов Цельсия, затрачивается гораздо меньший объём электроэнергии чем на запуск традиционного электродвигателя;

- поставленная задача разработки гибкой системы настройки размера, позволяет настраивать не только обхват конечности, а также её длину, что значительно увеличивает круг конечных пользователей.

1.3 Выбор материала

Просмотрев все преимущества и недостатки материалов для печати доступных на данный момент на рынке [31], можно прийти к выводу, что на данный момент самым оптимальным материалом для печати данного изделия является SBS пластик. Его механические свойства в полной мере соответствуют нагрузкам, которым будут подвергаться детали крепления для телефона. Что не маловажно SBS пластик, при всех его преимуществах имеет стоимость примерно эквивалентную стоимости ABS пластика, что так же важно учитывать при выборе материала. Пример изделия из материала приведён на рисунке 23.



Рисунок 23 – Пример изделия из SBS пластика.

SBS пластик обладает высокими механическими свойствами, такими как механическая прочность, пластичность и устойчивость к относительно высоким температурам. Благодаря свойствам, перечисленным выше, из этого пластика часто изготавливают несущие и движущиеся детали. Напечатанные детали получаются более гибкими, чем при печати ABS пластиком, в виду более низкого модуля упругости. Так же благодаря высокому проценту удлинения при разрыве в 250%, нить не ломается даже при подаче под углом в 90 градусов. Благодаря этим свойствам он практически не имеет усадки даже на открытом воздухе, хорошо прилипает к столу при температуре 70°C. Подходит для печати крупногабаритных изделий. Печать производится при температуре около 220°C [32]. Светопрозрачность материала соответствует 93%, из-за чего он практически прозрачен. Что примечательно материал легко окрашивается, благодаря чему можно получить эффектный внешний вид. Материал безопасен как во время печати, так и после, не выделяет никаких вредных веществ. То есть его можно успешно применять для печати контейнеров для пищи, медицинских приспособлений, а также игрушек для детей. В то же время материал легко поддается механической обработке и химической обработке лимоненом, что позволяет добиться эффекта имитации стекла [33].

1.4 Выбор системы регулировки

Так как основной упор при проектировании устройства делается на масштабируемость размеров для пользователей различной комплекции, необходимо выбрать систему регулировки этих размеров. Наиболее распространёнными являются ласточкин хвост [34] и червячный механизм [35]. Данное соединение хорошо зарекомендовало себя как подвижное, и с успехом применяется в различных типах производства, таких как станкостроение [36] и оружейная промышленность [37]. Сравнительный анализ систем регулировки длины представлен ниже в таблице 1.

Таблица 1. Механизмы регулировки длины.

Название	Достоинства	Недостатки
Червячный механизм	+ большое усилие на сжатие и растяжение; + надёжность; + меньшее количество деталей.	- сложность исполнения в печати; - слабая резьба при исполнении в пластике; - низкая скорость; - вероятность разбалтывания без фиксации.
Ласточкин хвост	+ возможность жёсткого позиционирования; + надёжность при печати; + быстрота регулировки.	- большее количество деталей.

Исходя из данного анализа, выбор был остановлен на разработанной системе регулировки, комбинирующей оба варианта учитывающий достоинства и недостатки существующих вариантов.

1.5 Выбор материала подкладок

В то же время необходимо определить материал, использующийся для подкладки экзоскелета, так как именно от него зависит удобство пользования экзоскелетом. Пример компоновки подкладки приведён на рисунке 24.

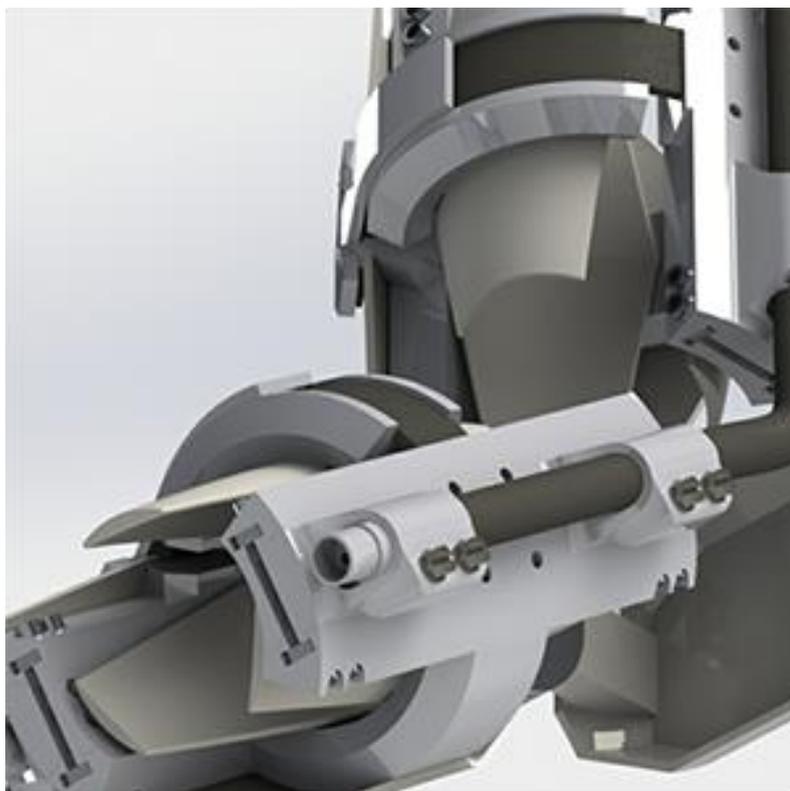


Рисунок 24 – Смягчающие прокладки

Исходя из данных таблицы, оптимальным как для производства, так и для конечного использования будет либо использовать пористую подкладку из EVA пены [38]. Однако лучший вариант — это разработка собственного материала, который позволит комфортно долговременно использовать аппарат, и в то же время рационально расходовать материал при производстве. Проблема сложности конструкции для расчётов решается путём написания программы автоматизирующей данный процесс. Анализ материалов приведён в таблице 2.

Таблица 2. Материал прокладок.

Название	Достоинства	Недостатки
Надувные [10]	+ плотный обхват конечности; + малое количество материала.	- сложность изготовления; - необходимость наличия компрессора; - низкая отказоустойчивость; - отсутствие вентиляции; - неравномерное распределение давления.
Пористые (по типу бандажа) [9]	+ плотный обхват; + регулировка расположения вентиляции до печати; + регулировка распределения давления до печати; + простота структуры.	- не регулируемая форма под размер конечности.
Метаматериал [2]	+ плотный обхват; + регулировка расположения вентиляции до печати; + динамическая регулировка распределения давления; + динамическая подстройка под размер конечности.	- сложность структуры.

Поясним принцип работы подкладки на основе метаматериала. При надевании устройства, смягчающие прокладки автоматически обхватывают руку пользователя. Данная особенность обусловлена их конструкцией, основанной на принципе метаматериала. То есть материала свойства, которого обусловлены его конструкцией [39], пример на рисунке 25. Схожая технология была успешно применена для манипуляторов фирмы Festo [40], изобра-

жена на рисунке 26. Для данного же устройство необходимо разработать материал, обеспечивающий комфортное прилегание к коже пользователя.

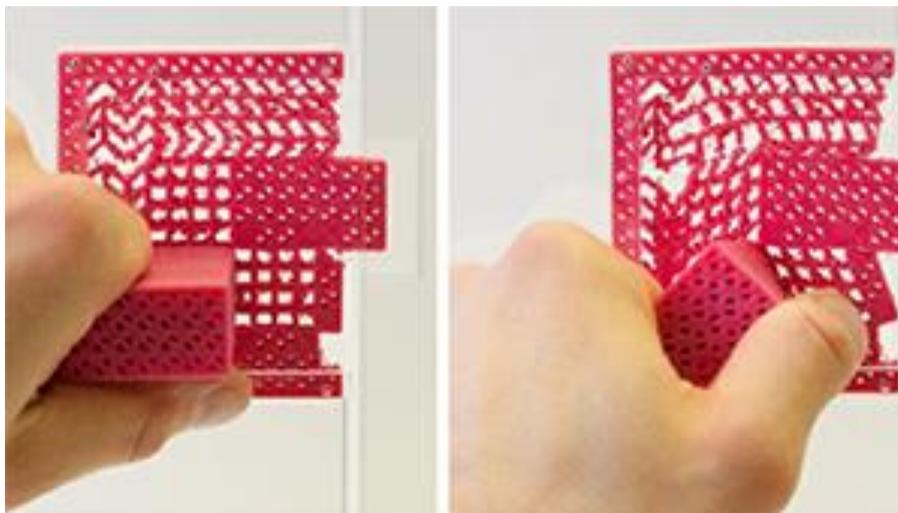


Рисунок 25 – Пример использования метаматериала.

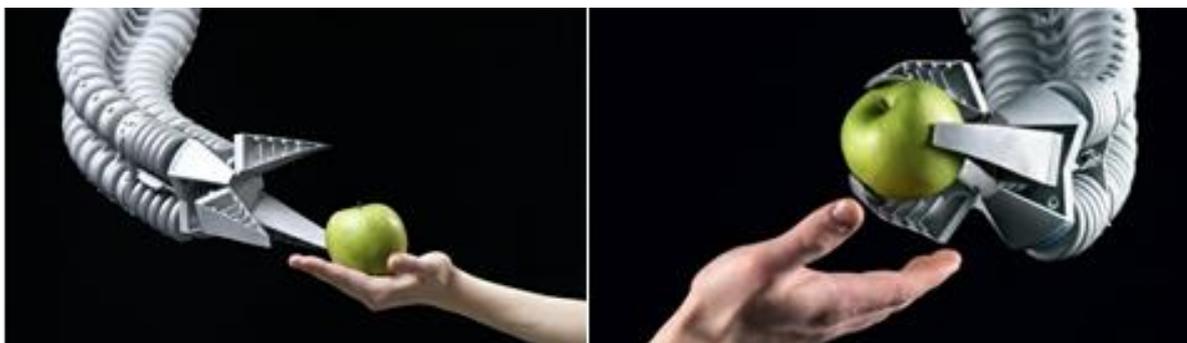


Рисунок 26 – Манипулятор фирмы Festo.

1.6 Предмет исследования

Предметом исследования в данной работе является разработка дизайна устройства для пассивной лечебной гимнастики, с применением мирового опыта построения оборудования для пассивной лечебной гимнастики, оборудования экзоскелетного типа, а также собственных разработок и идей. Практически плоды исследования данной работы необходимы ради получения качественного итогового продукта, востребованного конечным потребителем.

1.7 Методы исследования

Традиционно существуют два основных метода проектирования аналоговое – основанное на принципе решения поставленной задачи и инновационное – основанное на разрешении проблемы [41]. Сравнительная таблица

Б.1 предоставлена в приложении Б. В данной работе будут применяться методы как аналогового, так и инновационного проектирования. То есть на каждом этапе решения проблемы возникающей в ходе проектирования будет подбираться несколько существующих аналогов, среди которых будет выбран наиболее подходящий и доработан для более удобного использования методами функциональных поверхностей, ограничения и деления формы. Таким образом, будет сэкономлено время, затрачиваемое на проектирование, так как большая часть решений будет доработана исходя из уже существующих.

Метод функциональных поверхностей заключается в количественном выборе определённой структуры изделия по средствам эскизирования. В дальнейшем полученная форма уточняется путём синтеза поверхностей выполняющих определённую функцию (крепежа, элемента управления, захвата, опоры и т.д.). При методе функциональных поверхностей изменяются следующие параметры элемента – количество элементов, их геометрическая форма, размер и расположение, в пределах, в которых данные поверхности выполняют свои функции [42].

Для того что бы каждый элемент конструкции мог правильно выполнять свою функцию используется метод ограничения формы, и его принцип запретных зон:

1. Структурно обусловленные участки пространства не должны создавать препятствия действию других элементов;
2. Функционально обусловленные участки пространства не должны создавать препятствия выполнению функций других элементов;
3. Не должны быть стеснены участки пространства, к которым предъявляются требования по выполнению определённых операций.

Используя данный метод, можно определить ограничения в расположении функциональных поверхностей относительно друг друга.

В то же время будет использован метод деления формы как визуальный, для лучшего понятия расположения элементов требующих внимания

пользователя, так и физический, для ограничения взаимодействия не связанных функционирующих элементов.

Методика определения цветовой схемы итогового дизайна аппарата заключается в определении трёх основных цветов, адекватных для использования в различных отраслях применения аппарата. Затем будет выбрана для каждого из них цветовая схема с помощью цветового круга [43], изображённого на рисунке 27, и трёхцветной цветовой гармонии. Для этого изначально будет определена сценография, для каждого из вариантов, а уже потом проводится её цветовая стилизация.

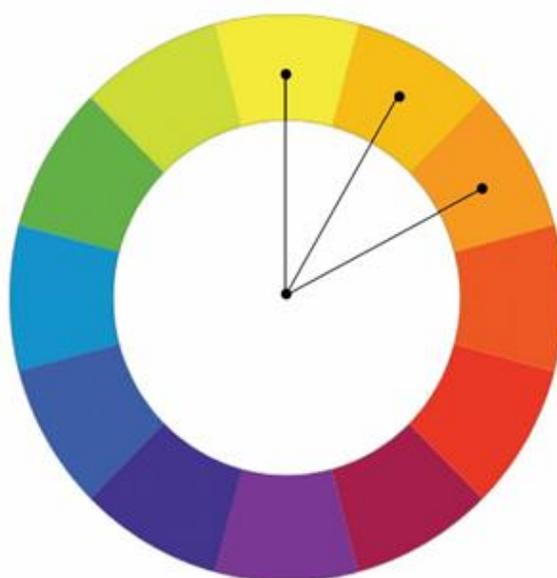


Рисунок 27 – Пример цветового круга с трёхцветной аналогией

2 Проектная часть

2.1 Эскизирование и выбор концепции

В начале процесса проектирования оболочки оборудования необходимо выполнить эскизирование нескольких вариантов. Было выполнено два основных стилистических варианта, более плавный бионический стилизованный под человеческий скелет, с червячной системой регулировки размера, рисунок 28, и более жёсткий в стиле техно с замками, основанными на принципе храпового механизма [44], рисунок 29. На этих же эскизах был проведён первый эргономический анализ, так как эскизирование производилось на основе контура человеческих конечностей. Основным методом выступало бионическое проектирование, и как уже было сказано, бионическим аналогом выступали кости скелета человека, данный выбор обусловлен: во первых, функциями опорно-двигательного аппарата, которые либо помогает выполнять, либо полностью их выполняет разрабатываемое оборудование, во вторых не монолитная структура кости, с плотными внешними слоями и более разряженными внутренними позволяет сэкономить материал при сохранении не-обходимой прочности, что так же удобно при изготовлении деталей аддитивным методом, благодаря сокращению времени на заполнение внутреннего контура модели. Не явное заимствование элементов бионической формы скелета так же положительно сказывается на дизайне оболочки аппарата, так как на интуитивном уровне пользователь начинает понимать назначение данного аппарата и область его применения.

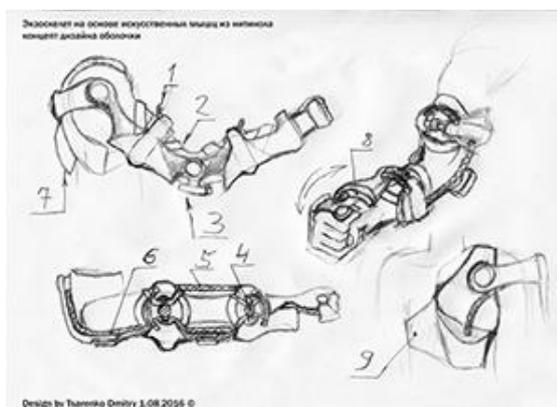


Рисунок 28 – Эскиз первого варианта.

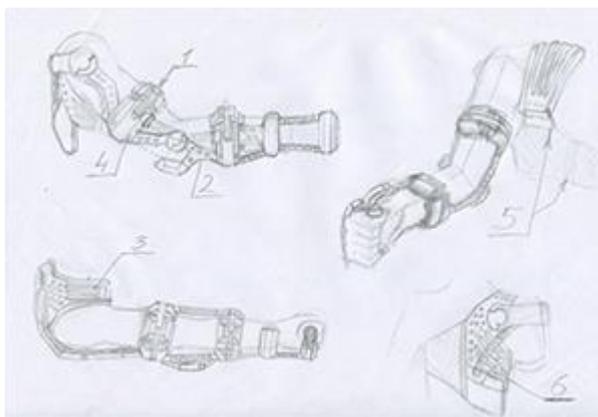


Рисунок 29 – Эскиз второго варианта.

В итоге как более удобный в конечном использовании, и отвечающий большинству требований, исходящих из задач проектирования, для последующего моделирования был выбран первый вариант, но с использованием храповых замков. Так как данный способ крепления более удобен и занимает меньше времени на подгонку под физические параметры пользователя. Его надёжность подтверждается широким распространением среди спортивного инвентаря, такого как роликовые коньки и горнолыжные ботинки, где скорость застёгивания и надёжность крепления являются решающими критериями.

2.2 Выбор цветовой схемы

Перед выбором цветовой схемы было определено две сценографии. Сначала были выбраны два названия «Вечерний бриз» как ассоциация к восстановлению и реабилитации в санаторных условиях и «Рассвет», которые изображены на рисунке 30, что ассоциируется с возвращением человека к двигательной активности. Тогда же были найдены изображения, содержащие необходимый цветовой баланс. Данные сценографии выбраны не случайно, а соответствуют психологическому воздействию цвета на человека [45]. Так цветовая композиция холодных оттенков должна успокаивающе влиять на пациента, находящегося в стрессовой ситуации на первых этапах реабилитации, однако палитра не должна быть слишком монотонной и тёмной, чтобы не вызвать у пациента развитие депрессии. После того как психологическое состояние пациента пришло в норму, его наоборот необходимо стимулировать

вать, поэтому была выбрана сценография в тёплых тонах с доминированием оранжевого и жёлтого цветов. Такое цветовое сочетание должно побуждать пациента к действию, и, следовательно, способствовать более быстрым темпам реабилитации.



Рисунок 30 – Сценографии «Вечерний бриз» и «Рассвет».

Следующим этапом стал выбор цветовой схемы с помощью цветового круга [46] [44] и тройной цветовой аналогии. Полученные цвета были распределены и сбалансированы по поверхностям объекта дизайна, рисунок 31.

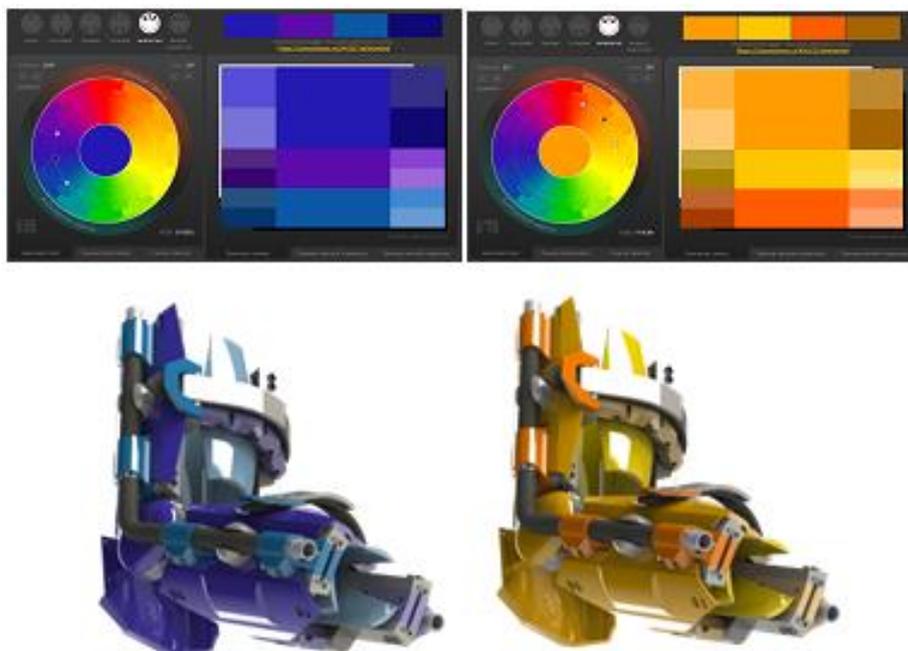


Рисунок 31 – Цветовые схемы для сценографии.

Однако после разработки новой модульной концепции были выбраны более спокойные и нейтральные цвета, наиболее подходящие для медицинского оборудования это белый для основной массы деталей, бирюзовый для

цветовых акцентов и чёрный для балансировки цветовых пятен, вариант применения цветовой схемы изображён на рисунке 32. Такое цветовое сочетание не напрягает глаза, и одинаково хорошо подходит для людей любого пола и возраста. Данное цветовое сочетание так же отвечает психологическому обоснованию, приведённому выше, но в то же время является более универсальным и привычным для пользователей.

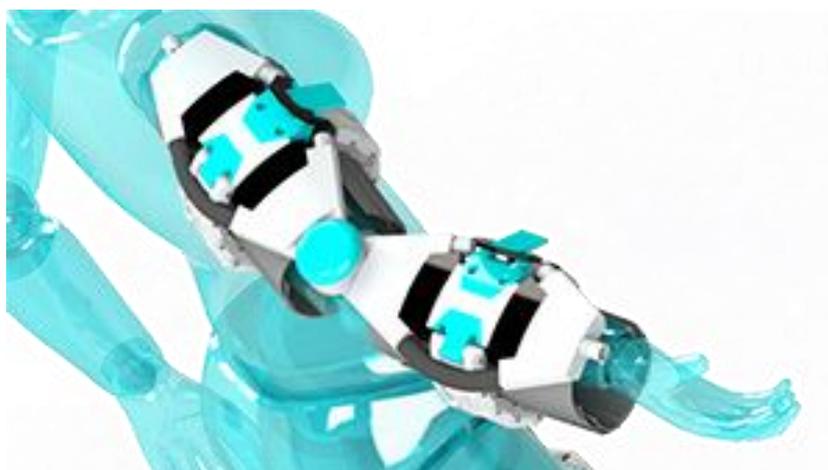


Рисунок 32 – Итоговое цветовое решение

2.3 Опрос потребителей

С целью определения потребностей конечного пользователя был проведён опрос среди потенциальных потребителей в форме интервью. В результате данного опроса были выявлены следующие моменты, которые необходимо учесть в проектировании.

- Необходимость максимального удешевления;
- Необходимость сменных кистевых модулей (для удержания сумок, грузов, инструментов и т.д.);
- Необходимость дополнительных функций (зарядка мобильного, место для переноса мелкой электроники и т.д.).

В данной работе они рассматриваться не будут, так как модульная система построения экзоскелета позволяет добавить дополнительные функции в любой момент. Однако Представленные на данном этапе решения по компоновке узлов двигателей и креплений аппарата к телу пациента, полностью устроили предполагаемых конечных пользователей.

3 Разработка художественно-конструкторского решения

3.1 Моделирование вариантов конструкции

После этапов эскизирования, выбора цветовой схемы и опроса потенциальных потребителей необходимо продолжить проектирование в системе автоматического проектирования (САПР). САПР позволяют быстро и эффективно опробовать множество вариантов формы и компоновки изделий на их виртуальной модели, благодаря параметрическому способу моделирования. Параметрическое моделирование позволяет легко соблюдать принципы соразмерности и пропорциональности форм, благодаря точному назначению размеров [47]. На этом этапе применялись принципы проектирования формы по функциональным поверхностям.

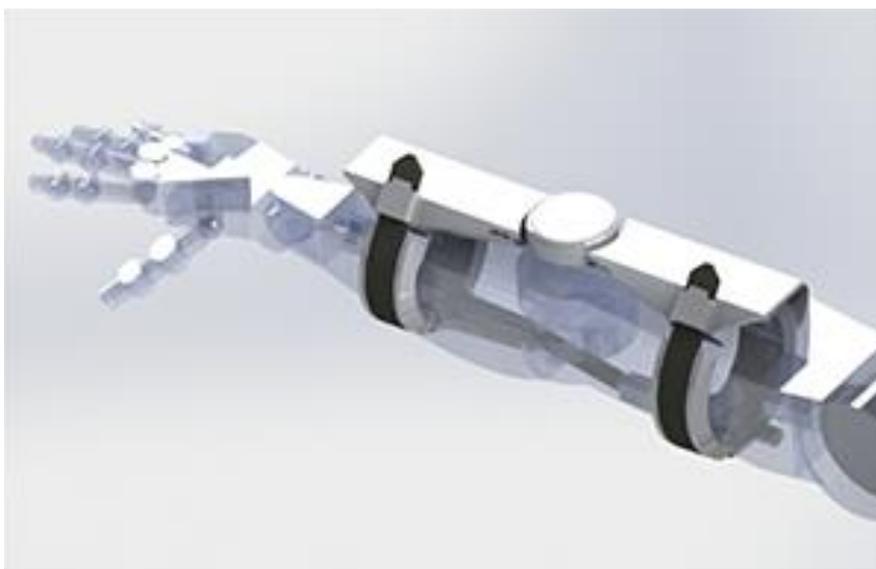


Рисунок 33 – Первый вариант модели.

Так в среде САПР была построена первая эскизная модель, приведённая на рисунке 33, для проверки адекватности габаритов на манекене. В ней же была опробована ассиметричная схема расположения нитинола. В данном варианте длина, не регулируется, и питание системы охлаждения выведено в корпус, в соответствии с рисунком 34, для максимального использования полезного пространства. Обозначены места крепления замков.

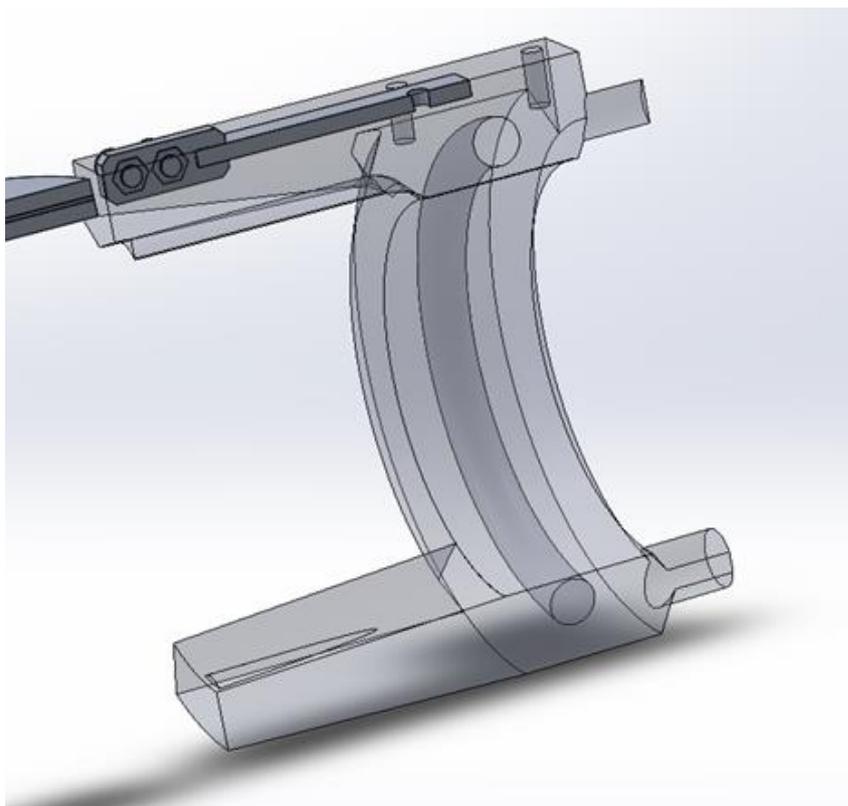


Рисунок 34 – Разрез верхнего модуля руки.

Ассиметричная компоновка хоть и снижает габариты конструкции и упрощает подгонку основных деталей, но в то же время удорожает производство, так как необходимо изготовить не две формы изгибания нитиноловых прутков, а четыре. Это требует дополнительных расчётов и расхода материала, поэтому от данной идеи было решено отказаться.

Учитывая недочёты первого варианта была построена вторая модель с симметричной системой расположения приводов и регулировкой модулей по длине. Модель изображена на рисунке 35. Исходя из анализа, проведённого в главе 1.4, выбор был остановлен на разработанной системе регулировки. Система представляет собой две металлические планки с зенковками и стопорными винтами, зажатые между пластиковыми корпусами, образующими в поперечном сечении соединение по типу ласточкин хвост. Механизм изображён на рисунке 36.

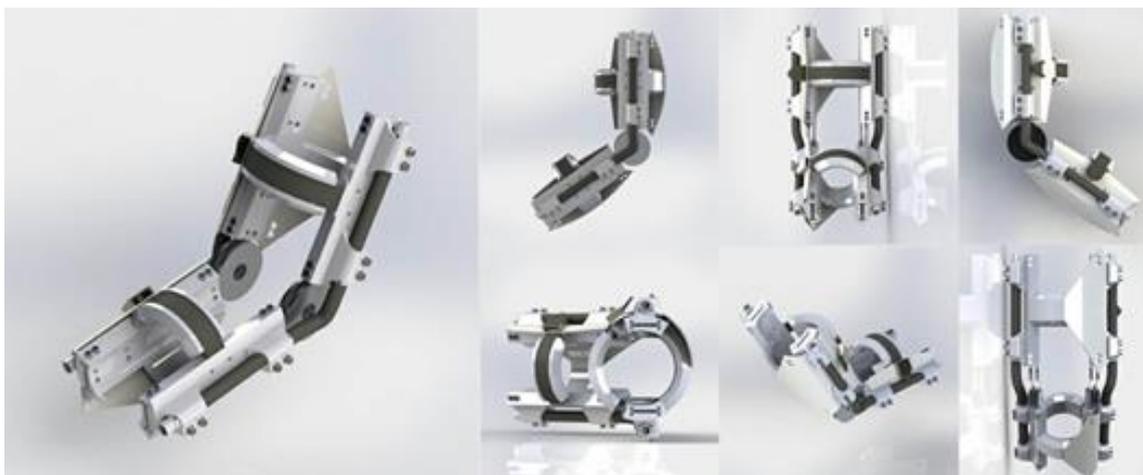


Рисунок 35 – Второй вариант модели.

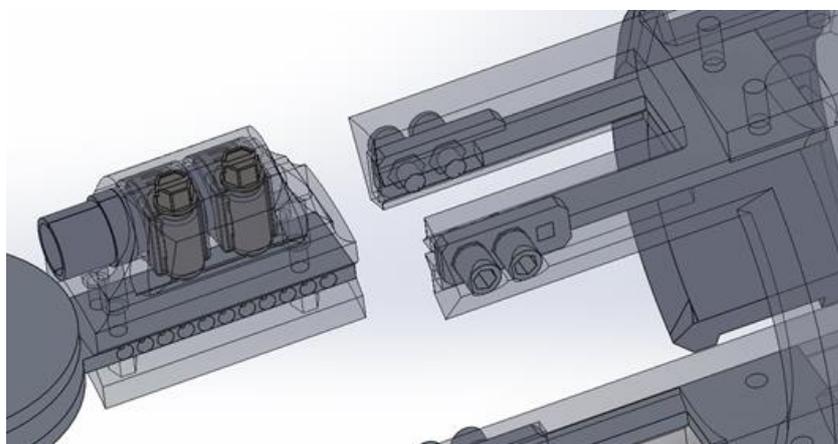


Рисунок 36 – Второй вариант модели.

На этом же этапе возникла проблема свисающих шлангов питания системы охлаждения. Которая была решена в третьем варианте построения модели, с помощью принципов аналогового проектирования. Результат на рисунке 37.



Рисунок 37 – Третий вариант модели.

Проблема системы герметизации шлангов была решена с помощью создания модуля с установленными хомутами [48], сквозь которые вставляются шланги с переходником, в соответствии с рисунком 38. Переходник также был разработан специально для данного проекта. Его конструкция позволяет одновременно устанавливать нитиноловые прутки в клеммы, расположенные в толще переходника, и в то же время свободно пропускать охлаждающую жидкость.

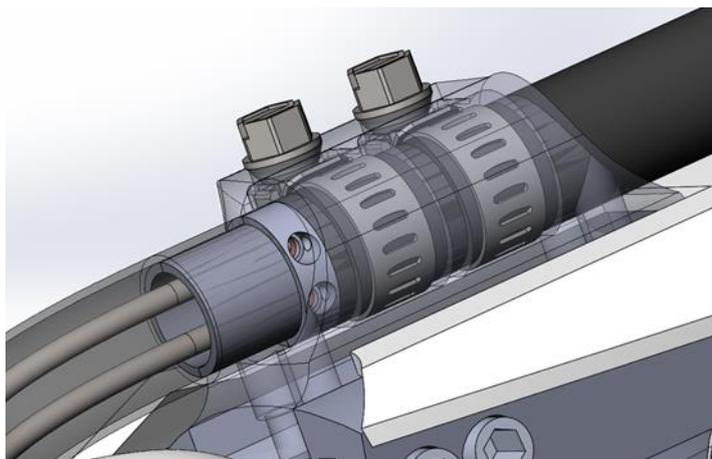


Рисунок 38 – Переходник с подключенными шлангами.

Проблема свисающих шлангов была решена с помощью механизма, по своему принципу схожего с механизмом само сматывающихся кабелей [49] [45]. Этот и другие аналоговые конструкции изображены на рисунке 39.

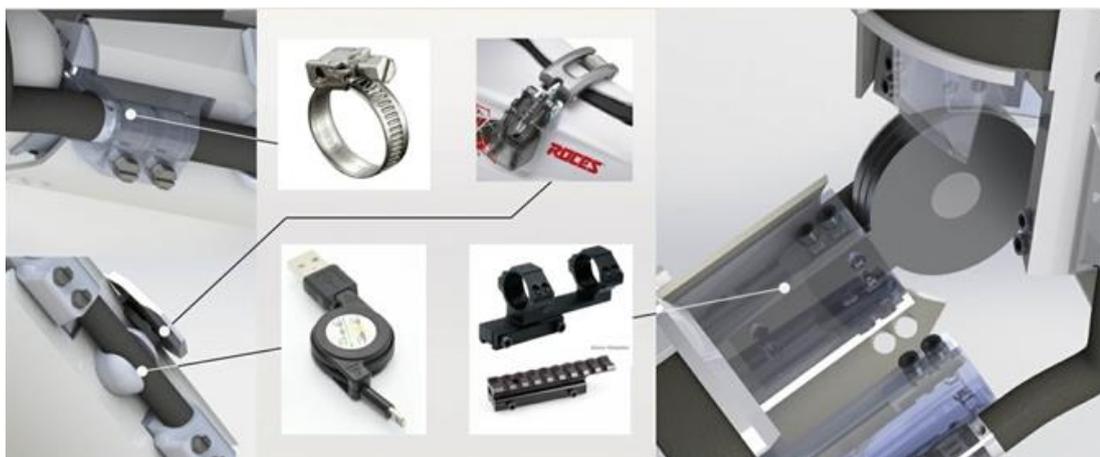


Рисунок 39 – Аналоговые механизмы.

В ходе работы над следующей итерацией проекта, была решена проблема ограниченной возможности регулирования ширины обхвата конечно-

сти, модулем экзоскелета. Было рассмотрено три варианта решения данной проблемы, приведённые на рисунке 40.

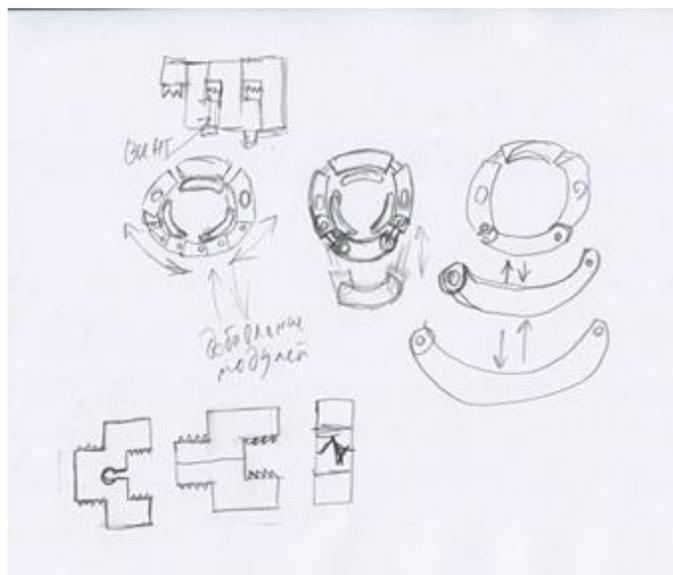


Рисунок 40 – Аналоговые механизмы

Первый вариант был самым простым в исполнении, принцип его действия основан на том, что общая ширина нижней части модуля экзоскелета регулируется путём добавления одинаковых звеньев, жестко скреплённых между собой. Очень удобное, с точки зрения многовариантности, решение. Которое и было в итоге выбрано для разработки. Второй вариант связан с разработкой скользящего раздвижного механизма, но в итоге был отклонён, так как он значительно усложняет конструкцию, а соответственно и снижает отказоустойчивость изделия. Третий вариант представляет собой частный случай первого, за тем исключением, что сменными являются крупные модули необходимого размера. Однако данный вариант не удобен с точки зрения универсальности, так как разработчику придётся изготавливать большое количество моделей на весь размерный ряд, а пользователю выбирать подходящий. Таким образом, повышается вероятность ошибки пользователя, и как необходимость изготовления новой детали, что увеличивает издержки производства.

Итоговый вариант можно наблюдать на рисунке 41. Это звено, состоящее из двух половин, фиксирующихся болтовым соединением. Здесь можно видеть рифлёные упоры, которые после настройки и установки звеньев не

дают им проворачиваться вокруг своей оси. На рисунке 42 можно увидеть пример компоновки. Остальные модули экзоскелета так же имеют ответные рифлёные упоры. Такое конструктивное решение одновременно позволяет сохранять и многовариантность размерного исполнения экзоскелета, и обеспечение его несущей жёсткости.

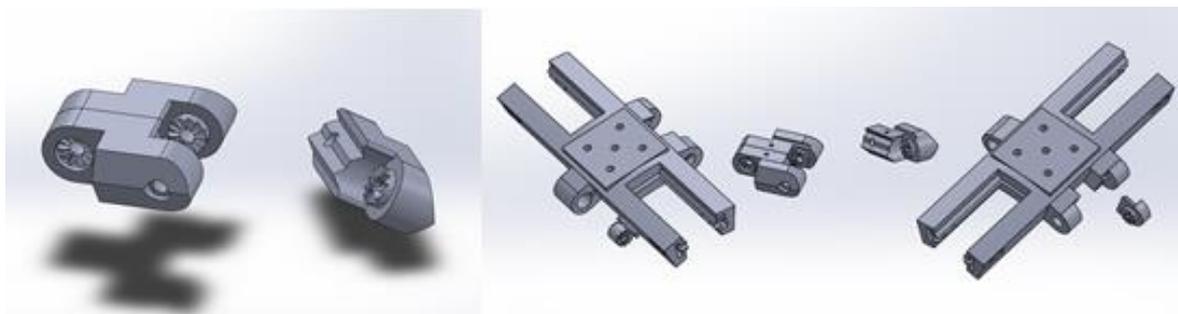


Рисунок 41 – Размерное звено

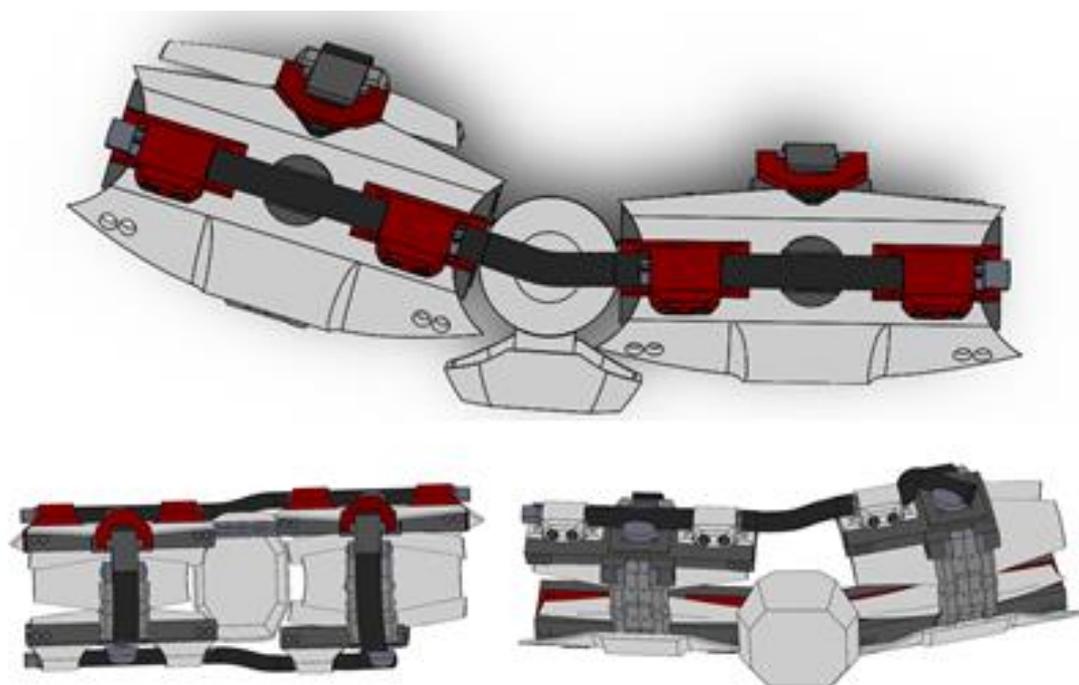


Рисунок 42 – Пример компоновки

Проблема выпирающих винтовых соединений была решена путём поворота фиксатора вокруг своей оси, и углублением хомутов внутрь толщи материала, в соответствии с рисунком 43. Таким образом, был сэкономлен материал для печати, и в то же время убраны элементы, которые могли бы нанести травму.

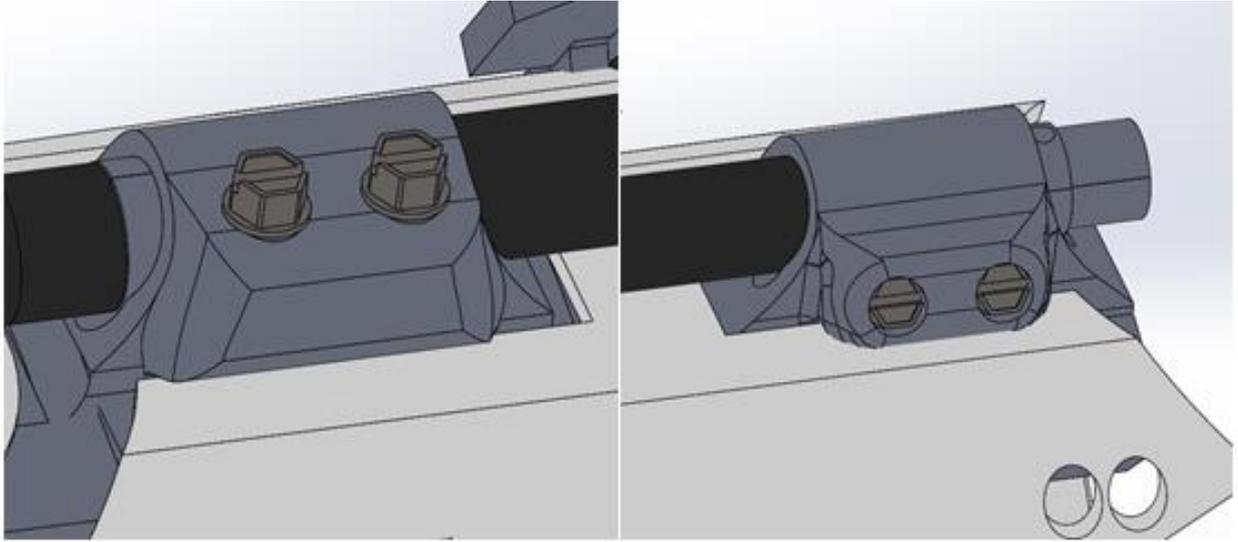


Рисунок 43 – Винтовые соединения до и после

Корпусные детали было решено сделать гибкими. Это не обходимо, для того что бы использовать всего одну модель для корпусов всех модулей экзоскелета для конечностей. Таким образом, не зависимо от ширины обхвата конечности, корпусная деталь будет сама подстраиваться под конструкцию. Так же подобный ход значительно повысит травмобезопасность аппарата, так как сокращается число выступающих наружу жёстких частей.

После проведения эргономического первого анализа (представленного в следующей главе) было решено внести существенные изменения в конструкцию. Так центральный модуль был переделан под менее габаритный и разбит на модули средних размеров. Для того чтобы сохранить универсальность возможности подсоединения других модулей. Для экономии затрат на металл и его обработку, система регулировки длины была переделана на оригинальную. Система состоит из размерных модулей длиной 50 мм, и соединительного модуля. Пример модулей приведён на рисунке 44. Конструкция позволяет при необходимости соединять модули между собой с двух сторон. Бионическим аналогом модулей выступил позвоночник человека, он имеет схожую модульную структуру, отличием является лишь подвижное соединение модулей, если их зафиксировать с помощью болтового соединения, получается прочная конструкция, длину которой можно наращивать до необходимого размера. Конечно, форма позвонка была параметрически

трансформирована соблюдая законы композиции и пропорциональности, так же были учтены кривизна поверхности конечностей и кратность габаритных размеров модулей.

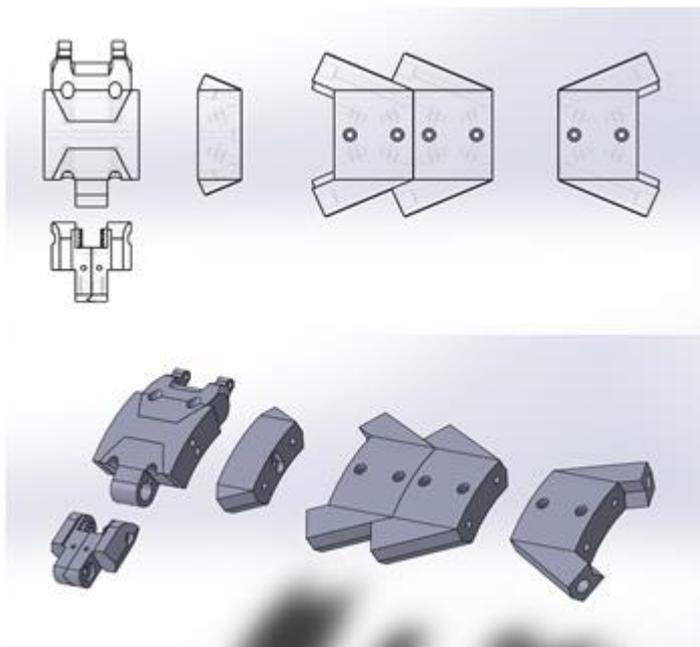


Рисунок 44 – Модульная система для оболочки

Так как основная визуальная концепция была определена ранее, в ходе разработки дополнительных модулей упор ставился на расширение функционала устройства относительно увеличению вариативности доступных размеров готового устройства для пользователей.

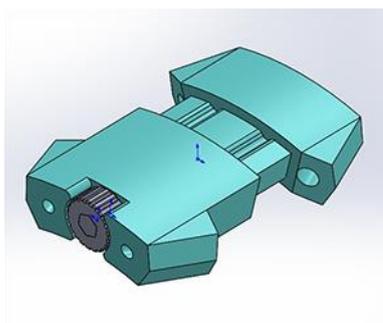


Рисунок 45 – Сборка модуля регулировки длины

На рисунке 45 изображена сборка модуля регулировки длины, которая позволяет производить тонкую подгонку под конечного пользователя в пределах 2-х сантиметров. В основе принципа работы данного модуля лежит червячный механизм, на основе болта, впрессованного в маховик и гайки впрессованной в подвижную часть. В данном случае это оптимальный вари-

ант исполнения механизма, так как регулирование происходит в диапазоне 2-х сантиметров, а значит, не занимает большого времени на прокрутку маховика. В то же время червячный механизм хорошо держит нагрузки на продольный сдвиг, если не прикладываются вращающие силы, что позволяет производить точную подгонку по длине.

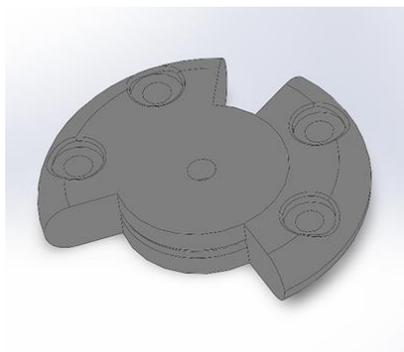


Рисунок 46 – Сборка шарнирного модуля

Было решено вынести привод и шарнирную систему в отдельный модуль, прикрепляющийся к остальной конструкции. Была выполнена модель шарнирного соединения, изображённая на рисунке 46. Симметричность деталей позволяет устанавливать их любой стороной в пазы соответствующих модулей, это значительно упрощает дальнейший монтаж конструкции. Симметричная конструкция необходима для обеспечения универсальности конструкции. Так как смещение модулей по оси необходимо производить на концах симметрично, что бы обеспечить равномерное прилегание устройства к телу.

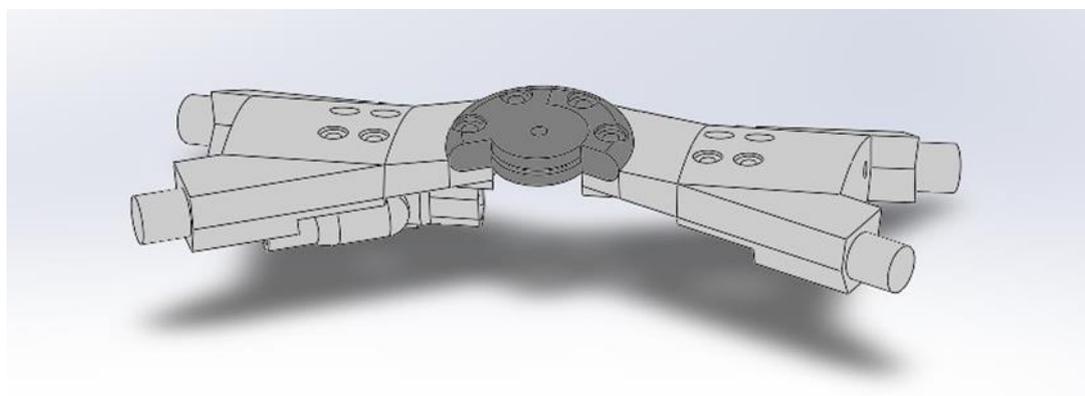


Рисунок 47 – Сборка новых узлов

Сборка шарнирного блока представлена на рисунке 47. Здесь можно оценить соразмерность модулей.

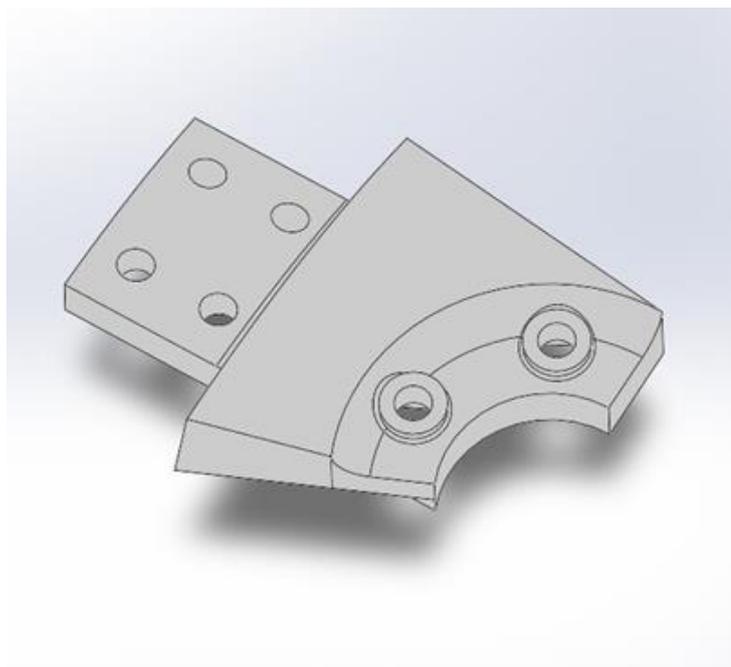


Рисунок 48 – Модуль регулировки смещения по шарниру 1 часть

Для шарнирного модуля был смоделирован своеобразный лафет, изображённый на рисунке 48, с помощью которого подсоединяется переходник на остальные стандартные модули регулировки длины, изображённый на рисунке 49. Такая сложность конструкции оправдана необходимостью гибкого регулирования смещения по оси вращения шарнира в бок, что обусловлено физиологией человеческих конечностей. Соединительный элемент с отверстиями выполнен методом масштабирования формы и ограничивающих плоскостей. Полученные плоскости снизу необходимы для установки привода.

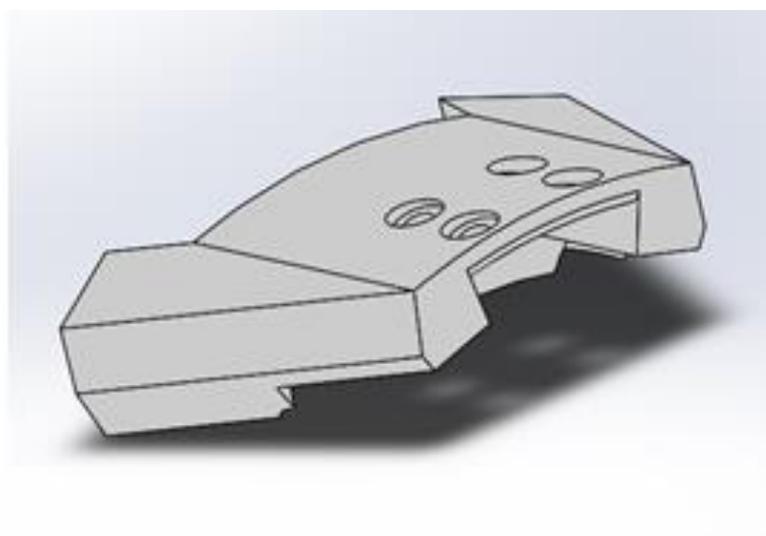


Рисунок 49 – Модуль регулировки смещения по шарниру 2 часть

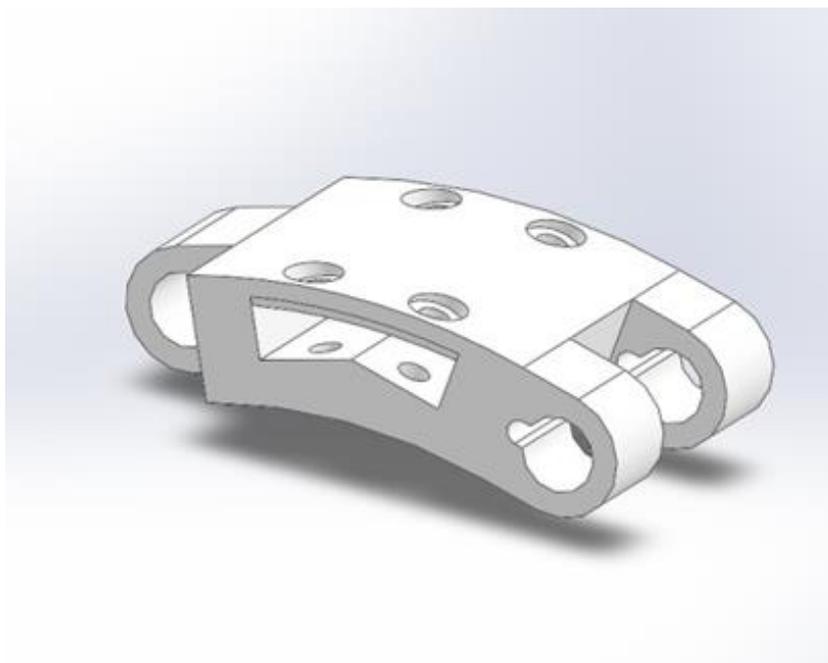


Рисунок 50 – Новый центральный модуль

Так как изменился дополнительный принцип фиксации концевых модулей, необходимо переработать центральный модуль с учётом новых потребностей. На рисунке 50 изображён новый центральный модуль, спроектированный с учётом соединения продемонстрированного на рисунках 48 и 49.

Однако благодаря новому принципу зацепления появилась возможность соединения шарниров на расстоянии не менее 13.5 сантиметров друг от друга, что позволяет использовать устройство даже детям. Это значительно расширяет диапазон потенциальных пользователей устройства.

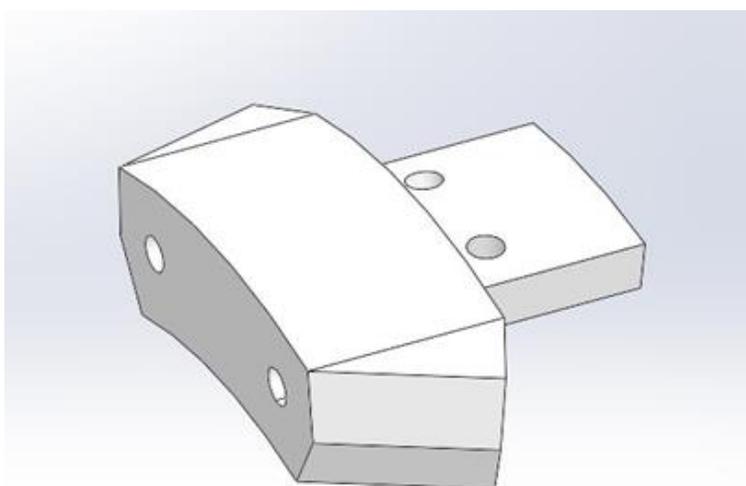


Рисунок 51 – Модуль переходник от центрального к размерным

Для подсоединения размерных модулей, разработанных при первой итерации данного варианта устройства, был разработан новый переходник, изображённый на рисунке 51. Для этого был взят переходной модуль из прошлой итерации, из которого были удалены продольные отверстия, и на плоскости, соприкасающейся с центральным модулем, был выращен ригель для соединения, по форме повторяющий тот который используется на модуле регулировки смещения по шарниру. Рисунок 52 демонстрирует сборку нового центрального модуля с подключёнными переходниками.

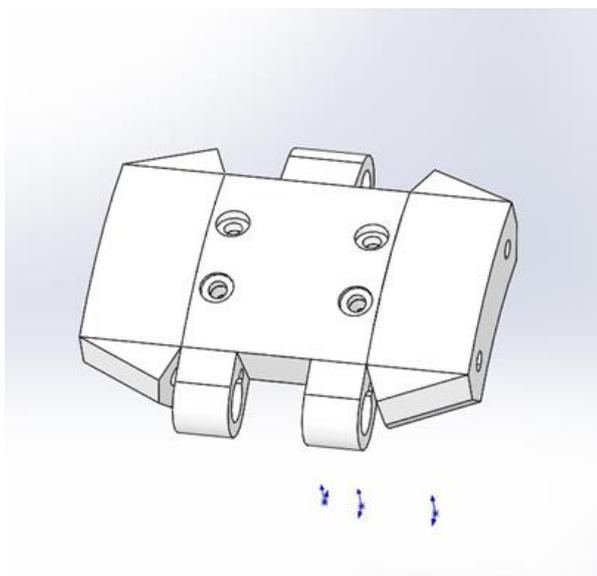


Рисунок 52 – Общий вид сборки центрального модуля

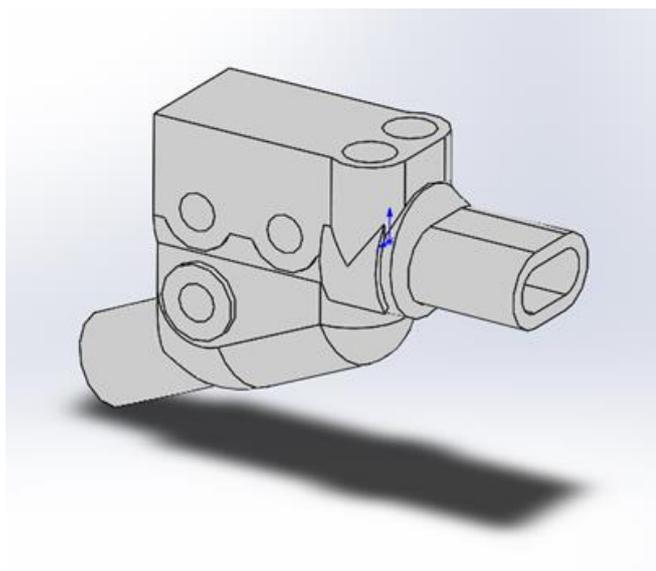


Рисунок 53 – Новое крепление привода

Так же была спроектирована новая модель для фиксатора привода, так как принцип крепления старой не соответствует новой концепции. Модель приведена на рисунке 52.

Полученные модели позволяют собрать устройство для пассивной лечебной гимнастики практически для любого человека, у которого расстояние между двумя соседними суставами конечностей не меньше 25 сантиметров.

3.2 Эргономический анализ

Эргономический анализ производился так же в среде САПР, её средствами можно наглядно расположить модули на манекене человека и динамически проверить работу механики, и степень её повторения биомеханики человека. Как видно на рисунке 54, четвёртый вариант аппарата получился значительно менее громоздким, чем третий и соответственно предыдущие варианты, благодаря размещению силовых и питающих элементов экзоскелета внутри конструкции. Такая компоновка деталей уже позволяет использовать данное оборудование на обеих конечностях одновременно, что делает возможным использование полного комплекта данного оборудования в качестве полноценного экзоскелета, при установке приводов соответствующей мощности.



Рисунок 54 – Эргономический анализ варианта с рельсовой системой регулировки размеров экзоскелета

Как видно из визуального анализа, данную модификацию экзоскелета вполне можно использовать как средство реабилитации. Но из-за больших габаритов, нет возможности использовать экзоскелет на двух нижних конечностях одновременно. Хотя необходимость создания избыточной толщины обусловлена унификацией деталей, для комфортного использования и расширения функционала устройства, а, следовательно, успешного старта данного продукта на рынке, необходимо до возможного минимума сократить толщину деталей, прилегающих к корпусу и внутренним сторонам конечностей тела пользователя.

После устранения конструкционных проблем, был проведён повторный эргономический анализ. Как видно на рисунке 55, теперь гораздо меньше частей аппарата упирается в тело пользователя. Теперь данный аппарат вполне можно использовать комплексно, на всех конечностях одновременно.

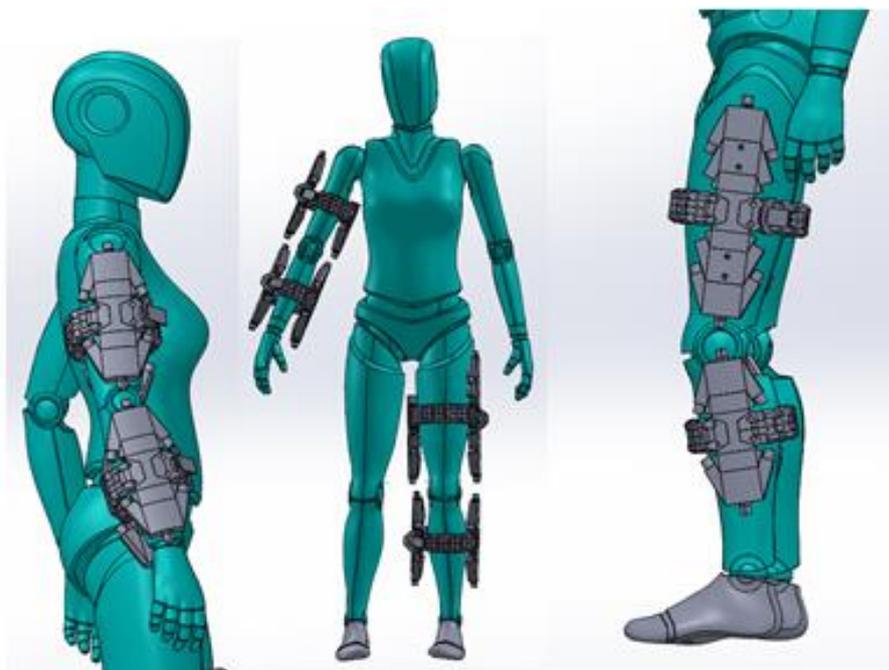


Рисунок 55 – Эргономический анализ варианта с модульной системой регулировки размеров экзоскелета

Следует заметить, что удобнее всего изобразить процесс разработки в виде своеобразной спирали, где каждая итерация объекта каждый отображается в виде отдельного витка, на котором неудачные моменты предыдущих

итераций исправляются на более технологичные и надёжные решения. Так же на рисунке 5 наглядно видно, что процесс разработки включает множество таких итераций, и использование САПР значительно ускоряет и упрощает процесс проектирования, так как неудачные решения отсеиваются ещё на этапе виртуального моделирования, а значит, не тратятся временные и материальные ресурсы на изготовление не в полной мере функционирующих прототипов. Так же среда САПР позволяет быстро изготовить конструкторскую документацию по разработанным моделям, приведённую в приложении М. Безусловно, для окончательного тестирования и подгонки необходимо изготовит реальный прототип и протестировать его на пользователях, однако логично предположить, что изготовление одного прототипа значительно дешевле, чем изготовление четырёх. В то же время сохраняется необходимость в первичном эскизировании, которое позволяет определить будущую стилистику объекта дизайна со сложной формой за короткий срок, без необходимости построения точных моделей, не востребованных вариантов.



Рисунок 56 – Иллюстрация процесса проектирования

3.3 Создание вспомогательного инструмента

Для повышения комфортности использования данного устройства, необходимо разработать полимерные смягчающие прокладки. Расположение данных прокладок треугольником так же не случайно, и выполнено аналогично принципу прижимной цанги в различных электрических инструментах и станках, данный принцип хорошо зарекомендовал себя годами и в данном случае позволяет оставить место для установки дополнительных регулиро-

вочных систем. Количество необходимых прокладок можно определить в ходе анализа, проведённого ниже в таблице 3.

Таблица 3. Схема расположения прокладок.

Название	Достоинства	Недостатки
2 вокруг центральной оси	- меньшее количество деталей; - большая площадь соприкосновения.	- слабая фиксация в горизонтальной плоскости; - меньший диапазон регулировки по ширине.
3 вокруг центральной оси	- оптимальное количество деталей; - широкий диапазон регулировки по ширине; - плотная фиксация конечности с 3х сторон.	- большее количество деталей; - не полный диапазон регулировки по ширине.
4 вокруг центральной оси	- полный диапазоне регулировки по ширине.	- намного меньшая площадь соприкосновения, чем в 1-м и 2-м варианте; - большое количество деталей.

Исходя из проведённого анализа, оптимальное количество прокладок равно трём. Оно обеспечивает прочную фиксацию конечности в устройстве, при этом не передаточные общую конструкцию. Материал для прокладок был выбран в ходе анализа, приведённого в таблице 2.

Процесс проектирования данного материала можно ускорить путём написания программы. Языком для написания которой послужит Autodesk MaxScript [50], как язык, специально разработанный для работы с 3Д графикой. Сам процесс проектирования будет описан в следующих трудах по данному проекту, так как для получения убедительных результатов проектирования необходимо провести длительный процесс апробации полученных результатов, и процессы доработок алгоритмов, до получения стойкого положительного результата.

Первичный план выполнения алгоритма предоставлен на схеме, приведённой ниже на рисунке 57.

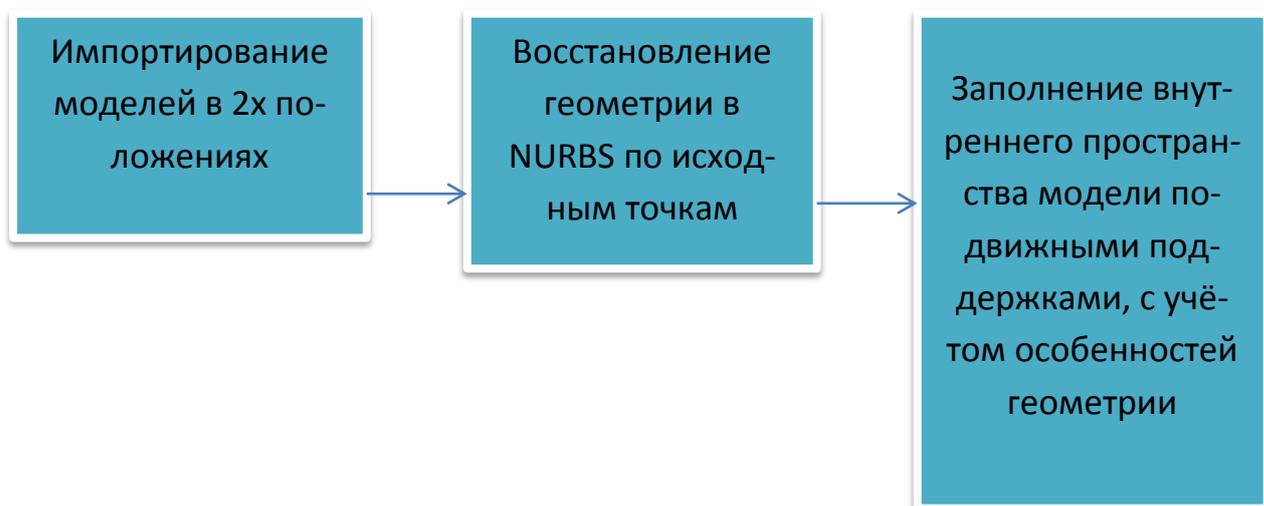


Рисунок 57 – Первичный план выполнения алгоритма.

В ходе дальнейшей работы над проектом, данный алгоритм было решено упростить, для решения данной конкретной задачи. Схема полученного алгоритма представлена ниже на рисунке 58.

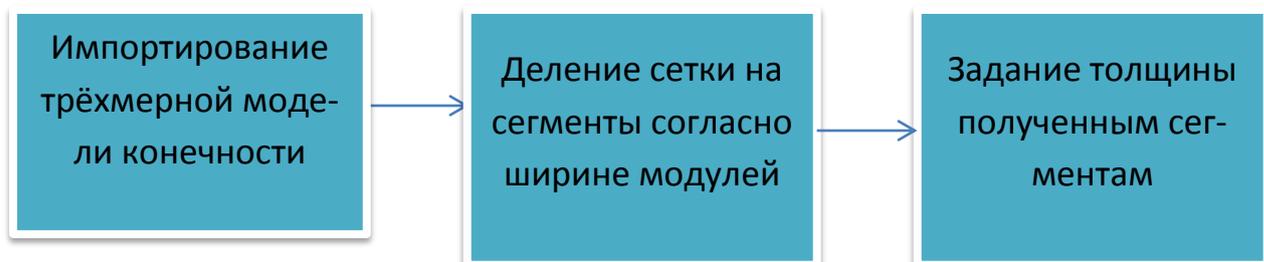


Рисунок 58 – Актуальный план выполнения алгоритма.

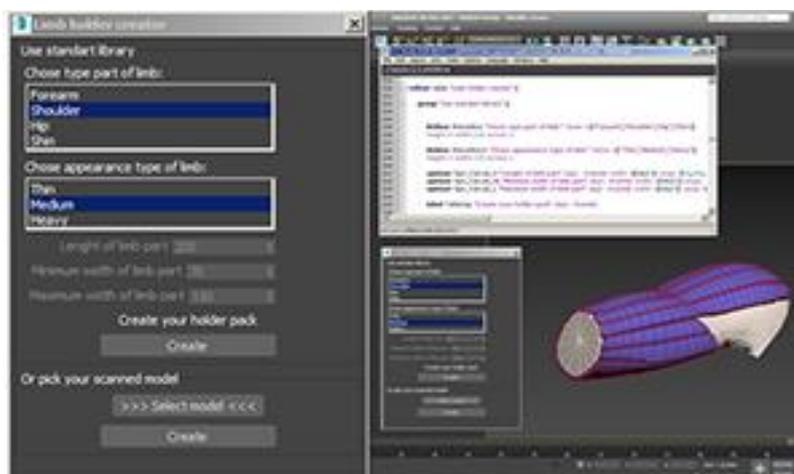


Рисунок 59 – Интерфейс разработанного инструмента.

В данной работе описан инструмент, который создаёт только внешнюю оболочку на основе полигональной сетки из загруженных в среду проектирования моделей. Схожий принцип, возможно, будет реализован в итоговой программной среде при дальнейших разработках.

3.4 Расчёт расхода материала на конструкцию

В первую очередь были выбраны материалы для печати деталей. Для этого был использован анализ, представленный в сообществе 3D печати [51]. Так для печати корпусных деталей был выбран SBS пластик, как пластик с самыми высокими прочностными характеристиками, и при этом легко поддающийся механической обработке. Для печати гибких частей был выбран филамент FLEX, так как, на данный момент, это единственный доступный в свободной продаже гибкий пластик для печати. Расчёт времени печати производился в программной среде Cura [52]. Результаты приведены на рисунке 60.

Печать основного корпуса SBS – 1138гр. 9д 18ч 46м

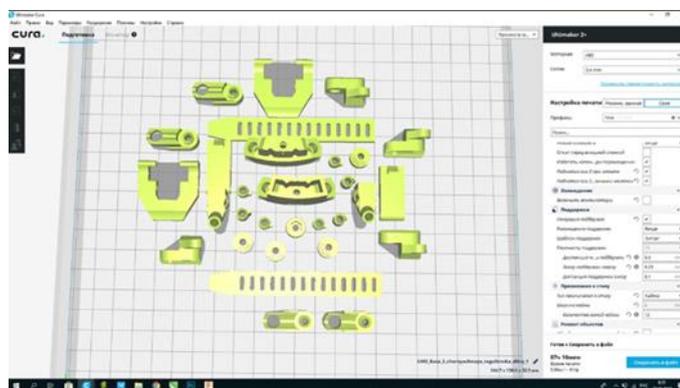


Рисунок 60 – Расчёт времени печати в программной среде Cura

3.5 Модульные сетки

Так, как и шаблоны презентации, и презентационный планшет являются объектами графического дизайна, на них распространяются соответствующие принципы проектирования. основополагающим принципом компоновки графических и текстовых элементов на листе, является использование модульных сеток.

Модульная сетка — является системой организации объектов на листе. В основании этой системы лежат колонки строго заданных размеров. В ячейках колонок располагают заголовки, текстовые блоки, изображения, врезки, чертежи и прочие графические элементы.

Модульные сетки используются не только для вёрстки элементов на плоскости, но и в пространстве. Так её применяют и в архитектуре для компоновки элементов экстерьера и интерьера, и даже для компоновки элементов ландшафта в градостроительстве. Так же сетки применяются в промышленном дизайне для компоновки объёмов разрабатываемых устройств и их элементов. В этих областях построение сеток происходит по тем же принципам что и для полиграфии, с целью установки порядка и равновесия [53].

Квадратная сетка

Самая простая сетка, которая стала основанием всей модульной системы, состоит из квадратов. Выглядит как обычная таблица со столбцами и строками одинакового размера. Используется с конца первой четверти 20-го века. В послевоенные годы дизайнеры из типографий Цюриха и Базеля модернизировали данную сетку, это совпало с возросшим интересом к шрифтам подобным Гельветике, в итоге так зародилась школа «швейцарской типографики».

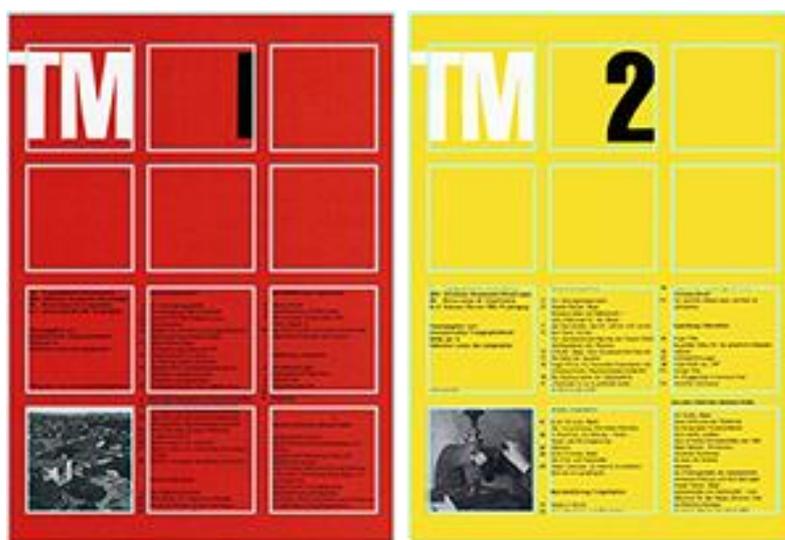


Рисунок 61 – работа Роберта Бюхлера с квадратной модульной сеткой, 1914

Г.

Сетки Макса Билла

Впервые для вёрстки книжных страниц применили сетку разработанную Максом Биллом систему для книги «Die Neue Architektur». Здесь Альфред Рот разделил страницы на девяти горизонтальных модулей. Такое деление позволило свободно располагать иллюстрации на странице, а также компоновать текст на 3-х языках.

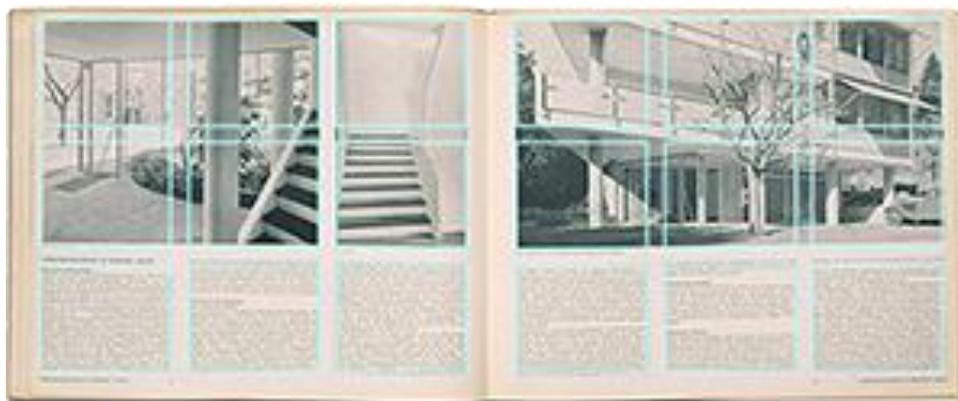


Рисунок 62 – Макс Билл, сетка из девяти модулей, 1940 г.

12-колоночная сетка Вилли Флекхауза

Для страниц большого формата в 1959 году Вилли Флекхауз спроектировал свой вариант сетки из шкести узких колонок. Изначально сетку создавали для журнала Twen, однако в последующие годы она не раз применялась для компоновки макетов других изданий.



Рисунок 63 – Журнал Twen, февраль 1970 г.

Для эффективного использования пространства на листах с презентационным материалом была выбрана квадратная модульная сетка, как основа для построения любой другой с размерами кратными полученной.

Был высчитан оптимальный размер её ячейки, как наибольший общий делитель для длин сторон всех форматов А серии, с необходимым допуском в 1 мм для форматов А1 и А0.

$$\text{НОД}(210, 297, 420, 594, 840, 1188) = 3$$

В итоге был получен размер ячейки равный 3 мм.

3.6 Выбор шрифта

Proxima Nova - это переосмысленный шрифт Proxima Sans 1994 года. Является сбалансированным компромиссом между гротесками и гуманистическими шрифтами без засечек. Прописная «G» или строчная «e» выглядят рационально, тогда как другие имеют довольно весёлый и причудливый характер, например, у строчных букв верхний ствол «f» и нижний ствол «t». Так же данный шрифт обладает хорошим штриховым контрастом в необходимых для этого местах, так, например, в утолщениях у «D», «B» и прочих. А также совершенно уникальный направленный в верх полуовал у строчной буквы «a» [54].



Рисунок 64 – пример надписи шрифтом Proxima Nova

Выше перечисленные особенности данного шрифта придают ему огромную индивидуальность. Этот шрифт выглядит стильно и интересно, и как уже было сказано достаточно рационален, так как не будет выглядеть не

ловко при больших интервалах на планшете либо слайдах презентации. В заголовках больших размеров проявляются сильные стороны данного шрифта, хотя они и не отвлекают от прочтения при 18 pt и больше.

В то же время данный шрифт перенял дух новых гротесков, то есть это прямой шрифт без засечек, относящийся к новой постиндустриальной эпохе. Эти шрифты хорошо сочетаются, так как имеют схожее начертание, но разную ширину и толщину букв, наиболее подходящую для места своего использования. Стилистика шрифта, как понятно по его виду и происхождению полностью соответствует высокотехнологичной стилистике разрабатываемого устройства.

3.7 Создание фирменного знака

Фирменный стиль - это набор графических элементов, созданных в одном стиле составляющих визуальный образ фирмы. Фирменный стиль необходим для создания презентабельного материала для демонстрации продукции и повышения уровня узнаваемости. Таким образом созданию элементов фирменного стиля нужно уделить особое внимание, для формирования инструментария для построения презентационного материала [55].

После выбора модульной сетки и шрифтовых гарнитур необходимо разработать товарный знак. Товарный знак – это отличительное изображение необходимое для придания индивидуальности товарам [56]. Необходимо подробнее рассмотреть основные функции, выполняемые товарными знаками [57].

Отличительная функция служит для обозначения производителя устройства. Является главным свойством, так как позволяет покупателю отличить продукцию данного производителя от продукции конкурентов. Товарный знак должен быть хорошо запоминающимся и броским;

Идентификационная (или информационная) функция необходима для отождествления объектов основываясь на отличительных признаках характерных для данного товарного знака. Имеет тесную связь с отличительной функцией, так как отождествление с товарным знаком выделяет устройство

среди аналогичных товаров. Знак помогает понять пользователю, кто производитель данного товара, откуда данный товар. Товарный знак должен чётко указывать пользователю на изготовителя устройства;

Индивидуализирующая функция помогает выделить конкретный товар. Из большого количества товаров, товарный знак помогает покупателю остановить выбор на продукции определённого производителя, то есть покупатель отдаёт предпочтение самому производителю;

Рекламная функция так же близко связана с отличительной функцией. Раскрученный знак узнаваем, и сам по себе есть самостоятельная рекламная продукция. Для эффективного выполнения данной функции знак должен быть узнаваем, фиксироваться на самых видных местах товара и не вызывать неприятные эмоции у пользователя;

Гарантийная, стимулирующая (качественная) функция заключается в том, что производитель, располагая свой знак на продукции, гарантирует качество этого товара. Эта же функция стимулирует производителя поддерживать уровень качества продукции. Что даёт потребителю уверенность в качестве продукции;

Охранная (защитная) функция оберегает продукцию от нелицензионных подделок. Эта функция обеспечивается защитой со стороны государства, предоставляющего исключительное право владельцу знака на его использование. Нарушители, пытающиеся незаконно проставлять товарные знаки зарегистрированное за другими владельцами, преследуются законом;

Психологическая функция тесно связана с рекламной и гарантийной функциями. При виде хорошо знакомого и зарекомендованного на рынке и в сознании покупателя, потенциальный пользователь начинает верить, что устройство, на которое нанесён этот знак очень высокого качества

Сценарное решение для товарного знака было взято из изображения Витрувианского человека [58]. Это изображение создано Леонардо Да Винчи ориентировочно в 1490-1492 году, в качестве иллюстрации для книги о трудах архитектора из античного Рима – Витрувия. Данный эскиз был найден в

одном из дневников Да Винчи. На эскизе изображена фигура человека в двух наложенных друг на друга позициях. Первая позиция с разведёнными руками и ногами вписанная в окружность с центром окружности в области пупка. И вторая, вписанная в квадрат со сведёнными вместе ногами и разведёнными руками, с центром квадрата в области паха. На этом рисунке отображён принцип проектирования заложенный самим Вертрувием, заключающийся в определении пропорций с помощью человеческого тела [59]. Этот же принцип был развит в системе модуляра Ле Корбюзье [60]. Схожий принцип модульности и соразмерности используется и в данной работе, хотя исходные значения и отличаются.

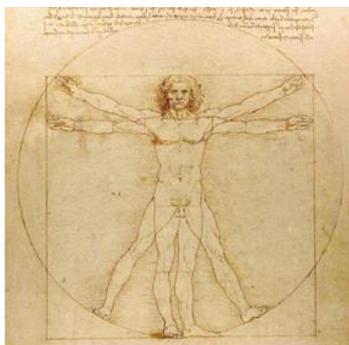


Рисунок 65 – Витрувианский человек

Так же данное сценографическое решение было выбрано исходя из того, что устройство для пассивной лечебной гимнастики, по своей сути, помогает человеку избавиться от физических недостатков и приблизится к своему идеальному состоянию.

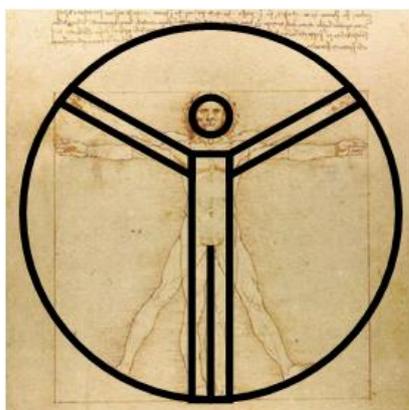


Рисунок 66 – Обрисовка прототипа

На рисунке 66 поверх изображения было нанесено стилизованное изображение «ликующего человека» с поднятыми руками. Дальнейшая работа продолжалась уже с данным эскизом



Рисунок 67 – Проектирование товарного знака

Далее был проведён этап стилизации изображения, путём отрисовки пропорциональных и соразмерных элементов. Процесс представлен на рисунке 67.



Рисунок 68 – Варианты товарного знака

На рисунке 68 изображены варианты исполнения товарного знака, как наиболее сбалансированный по форме, и отражающий суть взаимодействия человека и устройства был выбран четвёртый вариант, продемонстрированный на рисунке 69 в увеличенном виде.



Рисунок 69 – Итоговый вариант

Так же на этом были отрисованы значки для шаблонов презентации. Основным правилом при построении изображений было установление баланса между толщинами линий и общей узнаваемостью образов. Значки изображены на рисунке 70.



Рисунок 70 – Панель изменения скорости воспроизведения

3.8 Создание шаблонов для презентации

Чтобы презентация хорошо воспринималась слушателями и не вызвала отрицательных эмоций (подсознательных или вполне осознанных), необходимо соблюдать правила ее оформления [61].

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. Так, например, для текстовой информации важен выбор шрифта, для графической — яркость и насыщенность цвета, для наилучшего их совместного восприятия необходимо оптимальное взаиморасположение на слайде.

Рассмотрим рекомендации по оформлению и представлению на экране материалов различного вида. Оформление презентации должно быть выполнено в едином стиле, без резких цветовых переходов. Цвета должны быть приятными, не раздражающими внимание зрителя. Также цвета должны сочетаться между собой и с объектом проектирования. Кроме того, использо-

вание стандартных шаблонов оформления презентации, считается дурным тоном в профессиональной среде и никак не влияет на повышения уровня индивидуализации устройства, поэтому необходимо разработать индивидуальные шаблоны [62].

Для демонстрационной презентации устройства для пассивной лечебной гимнастики были разработаны следующие шаблоны, с учетом различного наполнения.

В первую очередь был разработан титульный лист, содержащий в себе тему выпускной квалификационной работы, а также фамилию, имя студента и научных руководителей. Шаблон выстроен на основе квадратной модульной сетки, разработанной в предыдущей главе и дополнительных вертикальных и горизонтальных направляющих. Цвет выбран голубой, так как этот цвет не раздражат восприятие и ассоциируется с высокими технологиями и медициной. Цвет шрифта голубой и серый, пример изображён на рисунке 71.



Рисунок 71 – Шаблон титульного листа

Ниже, на рисунке 72, представлен шаблон слайда для размещения текстовой информации. Широкое поле на слайде позволяет разместить информацию сохраняя удобство читаемости.

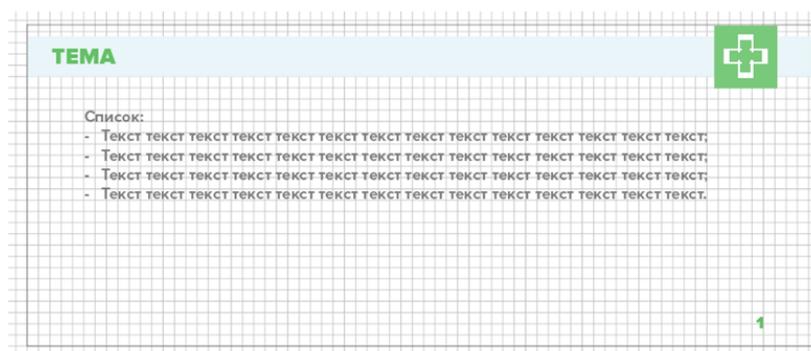


Рисунок 72 – Шаблон слайда с текстовой информацией

На рисунке 73 представлен шаблон слайда с демонстрацией изображения и текстового блока. Шаблон построен при помощи модульной сетки и разделён на два равных блока.

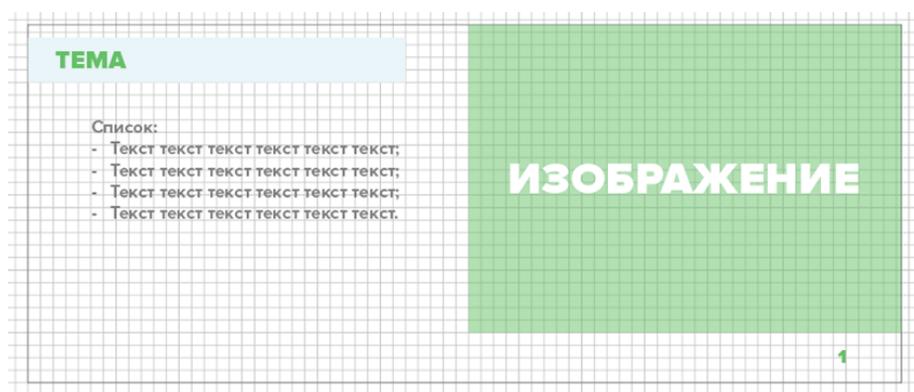


Рисунок 73 – Шаблон слайда для изображения и текстового блока

Так же разработан слайд с изображением во всю ширину, для возможности демонстрации объектов крупным планом, либо изображения нескольких взаимосвязанных объектов. Слайд представлен на рисунке 74.



Рисунок 74 – Шаблон слайда с изображением во всю ширину

Так же с помощью данной модульной сетки были выполнены шаблоны итоговых демонстрационных планшетов, на которых по блокам распределены изображения в зависимости от важности их демонстрации в соответствии с правилами психоэмоционального восприятия зрителя. Макет шаблона представлен на рисунке 75. Итоговые варианты планшетов представлены в приложении Н1 и Н2.

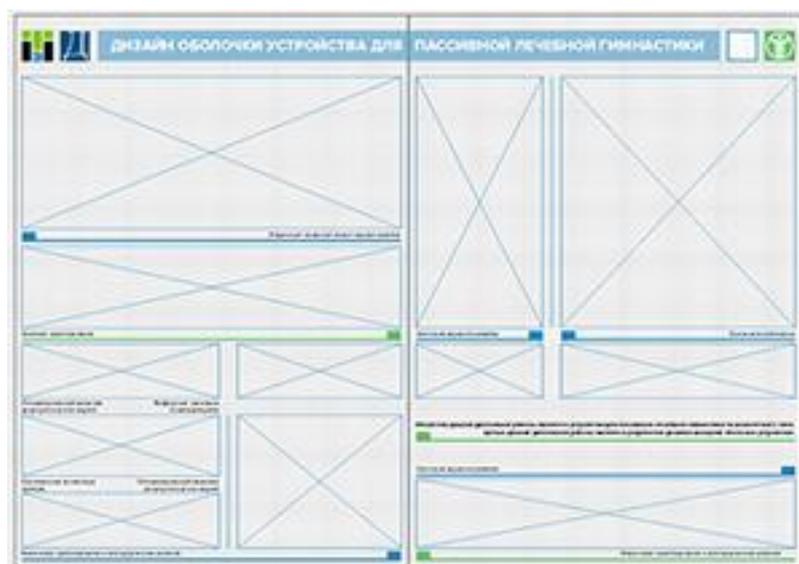


Рисунок 75 – Шаблон планшета

Для поддержания высокотехнологичного стиля и связи с цветовой сценографией на презентационный материал были добавлены ограничивающие текст отбивки, нейтрального цвета.

3.9 Создание видеоролика

Для демонстрации принципа работы, сборки и разборки устройства необходимо создать видеоролик. Программная среда Dassault Systèmes SOLIDWORKS позволяет достаточно быстро и качественно произвести анимацию уже спроектированных объектов. Для этого в наличии имеются удобные инструменты для создания анимированных взрывсхем и инструменты захвата движения объектов [63]. Картинка на выходе так же получается довольно высокого качества, хотя и не фотореалистичного. В то же время при соблюдении выдержанной цветовой гаммы и хорошо подобранного фона можно получить красивый видеоряд, достаточно хорошо демонстрирующий все достоинства разрабатываемого устройства. Интерфейс представлен на рисунке 76.

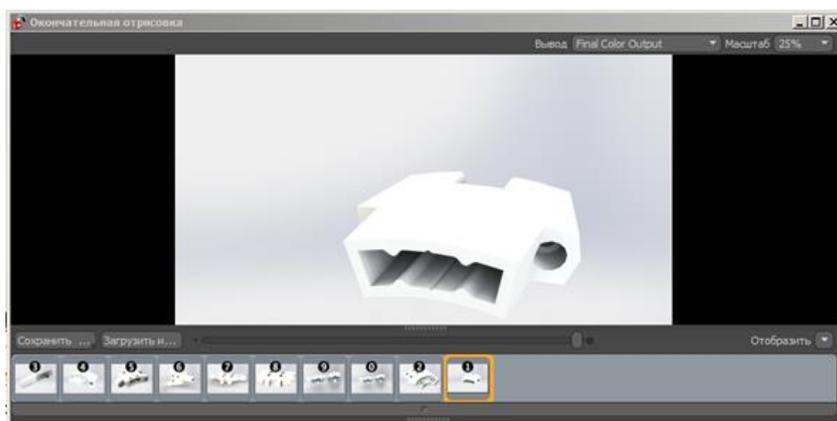


Рисунок 76 – интерфейс Dassault Systèmes SOLIDWORKS PhotoView 360

Монтаж видеоролика и накладывание необходимых поясняющих надписей происходит в среде Adobe Premiere Pro [64], рисунок 77. Данный программный пакет позволяет быстро и качественно произвести сведение видеоряда, применить необходимые эффекты и создать тестовые слои, а также подключить звуковые дорожки для достижения дополнительного эмоционального эффекта.

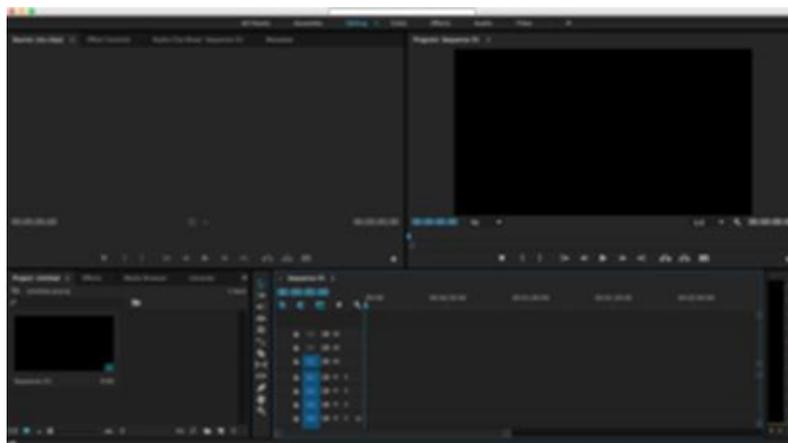


Рисунок 77 – интерфейс Adobe Premiere Pro

Для самого видеоролика ниже приведён сценарий:

- Облёт камеры вокруг объекта, с разных ракурсов;
- Разборка и сборка объекта взрыв схемой;
- Сборка объекта на манекене
- Движение конечностей манекена для демонстрации принципа работы.

ТЫ.

3.10 Изготовление макета

Что бы наглядно продемонстрировать принцип модульной конструкции необходимо произвести макет. Так как макет не является действующим, и служит для демонстрации принципа работы соединений, достаточно произвести макет в масштабе 1:2, меньший масштаб не рекомендуется для данного устройства, так как могут возникнуть трудности в подборе метизов, так как в масштабе 1:1 используются общедоступные винты, болты и гайки М 5. При масштабировании деталей 1:2 допустимо использовать метизы М 3, так как как крепёжные изделия М 2.5 сложно найти в открытой продаже, хотя изделия с резьбой М 3 и накладывают определённые требования к подгонке отверстий в деталях под данный крепёж.



Рисунок 78 – Процесс печати деталей макета

Процесс изготовления деталей проиллюстрирован на рисунке 78. Так как готовое изделие будет производиться аддитивным методом, для проверки качества поверхности и возможности сборки устройства, необходимо изготовить детали с помощью трёхмерной печати. Так как данный макет не предназначен для прямой эксплуатации, и не будет нести высокие нагрузки, достаточно производить печать с 10% заполнением объёма модели. Это так же существенно удешевит процесс изготовления макета. После печати необхо-

димо удалить остатки пластика с помощью ножа, в соответствии с рисунком 79.

В качестве имитатора подкладки будет использован материал EVA. Этот материал хорошо зарекомендовал себя в качестве смягчающей прослойки и термоизолятора. Подкладка приклеивается к деталям с помощью двустороннего скотча. Сама сборка деталей происходит вручную с помощью отвёртки и набора сменных бит. Сборка деталей на рисунке 80.



Рисунок 79 – Зачистка деталей



Рисунок 80 – Ручная сборка

Прочность напечатанных деталей была проверена экспериментально. Для этого была взята одна из деталей переходника, на который в готовом устройстве будет приложена наибольшая нагрузка. В соответствии с антропометрическими таблицами, наибольшая масса одной конечности человека около 15 килограмм. Так как макет изготавливался в масштабе 1:2, нагрузка на детали была сокращена пропорционально, до 7 килограмм. Процесс испытания представлен на рисунке 81. Деталь выдержала нагрузку даже с печатью с не полным заполнением, следовательно, при печати деталей с полным заполнением, они смогут выдержать предполагаемые нагрузки.



Рисунок 81 – Испытание образца на срез

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Экономическое обоснование спроектированного проекта выполнено с учетом методических рекомендаций.

Цель данного раздела ВКР заключается в увеличении конкурентоспособности на рынке разрабатываемого устройства для пассивной лечебной гимнастики экзоскелетного типа, выявления наиболее эффективной разработки. Проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Исследовать рынок покупателей, а также выявить потенциальных потребителей.
2. Исследовать существующие разработки конкурентных решений.
3. Провести SWOT-анализ.
4. Провести планирование НИР.
5. Рассчитать материальные затраты на изготовление.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Прежде чем приступать к планированию работы, определению ресурсного и экономического потенциала устройства для пассивной лечебной гимнастики, следует уделить особое внимание оценки коммерческого потенциала и перспективности новой разработки в целом, дать характеристику и определить сегмент рынка, на который будет ориентироваться компания при продаже своей продукции.

4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

В процессе разработки устройств для пассивной лечебной гимнастики, а в частности устройств экзоскелетного типа важную роль играет правильное проектирование их конструкции и корпуса. Соответствие эргономических показателей корпуса и основных опорных поверхностей модулей охватывающих конечности пользователя, являются одним из главных составляющих таких устройств, над которым не перестают вести исследовательские работы ведущие дизайнеры и инженеры, а так же непрерывно искать идеальную эргономичную форму хватов, а также его элементов.

На рынке в зависимости от предпочтения по комфорту, вида и назначению экзоскелетов, можно определить 3 вида:

1. Медицинские экзоскелеты.
2. Промышленные экзоскелеты.
3. Экзоскелеты для вооружённых сил.

Потенциальные потребители данного устройства, в силу его доступности это люди с различные физическими ограничениями, в силу различных заболеваний опорно-двигательного аппарата, а так же люди находящиеся на реабилитации после тяжёлых физических травм, ведущих к ограничению подвижности или её потере.

Другая группа потребителей, это различные клиники, больницы и реабилитационные центры, обслуживающие первую группу потребителей. Как государственные, так и частные.

Возрастная группа потребителей так же достаточно широка, так как заболеваниями опорно-двигательного аппарата страдают как дети от 1 до 7 лет, так и подростки, и взрослые и старшее поколение.

Целевым рынком для данной разработки является рынок медицинского оборудования, организации занимающиеся реабилитацией людей, а также лиц с физическими ограничениями.

Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Исходя из вышеизложенного сегментацию рынка можно произвести по:

1. Сегментация целевого рынка для данной разработки по виду потребителей:

- Занимающихся медицинским оборудованием;
- Занимающихся реабилитацией больных;
- Занимающиеся собственным лечением.

2. Сегментация потребителей по масштабу:

1. Физические лица;
2. Небольшие организации;
3. Крупные компании.

Из приведенных сегментов наиболее значимыми сегментами рынка можно выделить сегмент по виду потребителей и сегмент целевого рынка по масштабу [65].

Карта сегментации рынка на основании наиболее значимых критериев для рынка представлена в Таблице 4.

Таблица 4. Карта сегментирования рынка по наиболее важным критериям

		Масштаб потребителей		
		Физические лица	Небольшие организации	Крупные компании
Категория компаний	Медицинское оборудование			
	Реабилитация больных			
	Самолечение			

Низкий спрос	Средний спрос	Высокий спрос

В результате сегментирования рынка основным сегментом рынка можно выделить область разработки для организаций, занимающихся реабилитацией больных.

4.3 Анализ конкурентных технических решений

Первый шаг любой разработки начинается с исследования существующих аналогов, выявления всех недостатков и преимуществ существующей разработки. Сделав вывод начинается проектирование новой продукции. Данный анализ необходимо проводить систематично на любом этапе проектирования, так как с каждым днем производители полных экзоскелетов, а так же устройств для отдельных конечностей, предлагают все новые и новые разработки, которые меняются и в плане эргономики, и в материалах, а самое главное своей функциональностью.

С помощью анализа можно в процессе работы над проектом постоянно проводить корректировки. В процессе систематического исследования была использована следующая информация о конкурентных разработках:

1. Технические показатели разработок
2. Внешние эстетические показатели
3. Эргономичные показатели разработки

На данный момент существуют много различных компании, которые занимаются разработкой экзоскелетов разного назначения.

Уникальность разрабатываемого устройства для пассивной лечебной гимнастики в том, что его конструкция отвечает современным требованиям эргономики, а также может использоваться людьми очень различными по комплекции.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_{ic} ,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя. Результаты оценки технических решений можно увидеть в приложении В.

Проведя расчёт оценки конкурентоспособности продуктов, можно сделать вывод, что данная разработка имеет преимущество перед существующими конкурентами благодаря удобству в эксплуатации, эргономичности, дизайна, и степени подгонки под пользователя. Высокие оценки обусловлены тем что при разработки основное внимание уделяется области эргономики, что позволяет потребителям комфортабельно пользоваться устройством долгое время.

4.4 Технология QuaD

В данном разделе будет рассматриваться технология QuaD [66], с целью нахождения средневзвешенной величины групп показателей, приведенных ниже в приложении Г.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. В том случае если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. В том случае если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности разработки равно 0,963. Данное значение показывает, что разработка является перспективной.

В качестве повышения перспективности, необходимо в дальнейшем продумать и повысить уровень проникновения на рынок, а также детальней продумать послепродажное обслуживание объекта.

4.5 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта была составлена таблица SWOT-анализа, где детально отображены сильные и слабые стороны проектируемого объекта [67].

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице Д.1 приложения Д.

На втором этапе проведения SWOT-анализа проводится составление интерактивных матриц проекта, в которых производится анализ соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в Таблицах Д.2-5 приложения Д.

На последнем этапе составлена итоговая матрица SWOT-анализа, в которой отражены стратегии необходимые для продвижения разработки на потенциальном рынке. Итоговая матрица SWOT представлена в Таблице 6 приложения Д.

4.6 Определение возможных альтернатив проведения научно-исследовательских работ

В ходе исследования рассматривались разнообразные варианты проектирования элементов экзоскелета для пассивной лечебной гимнастики: варианты основных элементов – охват на предплечье, охват на плечо, охват на бедро, охват на голень. В данном разделе ВКР с использованием морфологического подхода представлены варианты изделий Таблице Е.1 приложения Е.

В результате анализа морфологической матрицы были выбраны три наиболее подходящих варианта исполнения проектируемого объекта: вариант 1 - А1Б1В1Г1, вариант 2 – А2Б2В3Г3, вариант - А4Б4В2Г2

4.7 Планирование научно-исследовательских работ

В данном разделе рассматриваются составления нескольких этапов и при научно исследовательской работе по разработке устройства для пассивной лечебной гимнастики, а так же распределение обязанностей исполнителей проекта по различной выполняемой работе.

4.8 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в Таблице Ж.1 приложения Ж.

4.9 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.10 Разработка графика проведения проектной работы

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [68].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в Таблице К.1 в приложении К.

На основе таблицы 12 составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта Таблица Л.1 приложения Л.

4.11 Бюджет на разработку дизайн-проекта

4.12 Расчет материальных затрат

В данном разделе проводятся расчеты затрат на материалы для подготовки макета разрабатываемого дизайн-проекта устройства для пассивной лечебной гимнастики по трем выбранным ранее вариантам.

Масштаб макета 1:2. Необходимыми материалами для создания макета являются SBS пластик, EVA пенка, винты и гайки М3. Расчеты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Материальные затраты на подготовку макета

Наименование	Ед.измерения	Количество			Цена за ед.,руб			Затраты на материалы,руб.		
		Вар .1	Вар .2	Вар .3	Вар .1	Вар .2	Вар .3	Вар .1	Вар .2	Вар .3
SBS пластик	1 кг	1	2	1	150 0	150 0	150 0	150 0	300 0	450 0
EVA пенка	700×2000 мм	1	1	1	400	400	400	400	400	400
винты м гайки М3	2 шт.	100	100	100	2	2	2	200	200	200
Итого								210 0	360 0	510 0

4.13 Основная заработная плата исполнителей

В данном разделе произведен расчет основной заработной платы основных исполнителей проекта.

Для расчета заработной платы использована информация о должностных окладах сотрудников Томского политехнического университета.

Таблица 6. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	k _р	З _{м,ру} б.	З _{дн,ру} б.	Т _р , раб. дни			З _{осн} , руб.		
					Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар.2	Вар.3
Исп 1	23100	5200	28300	1155	6	10	8	69300	11550	9240
Исп 2	70000	2100	91000	350	257	261	259	89950	91350	90650
Исп. 3	17000	4400	21400	850	14	15	14	11900	12750	11900
Итого З _{осн}								98070	115650	111790

При расчёте учитывалось, что в 2018 году, при пятидневной рабочей неделе, выходило 257 рабочих дней. Что составило 21 дней в месяц.

В соответствии со статьей 58 закона № 212-ФЗ учреждения, осуществляющие образовательную и научную деятельность, имеют пониженную ставку страховых отчислений – 27,1 %.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

Таблица 7. Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн} , руб.			З _{доп} руб.			Отчисления во внебюджетные фонды		
	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Исп.1	69300	115500	92400	10390	17320	13860	21510	35860	28690
Исп.2	89950	913500	906500	13492	13702	13597	27929	28364	28146
Исп.3	119000	127500	119000	17850	19120	17850	36940	39580	36940
Итого:							33774	35908	34709

4.14 Контрагентные расходы

Исследование по проектированию рабочего места предполагает привлечение контрагентов для представления результатов проекта в виде

планшета и альбома. В таблице 8 представлены расчеты оплаты контрагентных услуг по проекту с учетом трех вариантов проектируемого комплекта.

Таблица 8 – Расчет контрагентных расходов

Наименование работ	Стоимость работы		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Фрезеровка пеноплекса	1500	2000	1890
Трёхмерная печать	1000	2000	5000
Накатка планшета	3000	3000	3000
Распечатка альбома	500	500	500
Распечатка пояснительной записки	300	300	300
Итого	5430	6050	5990

4.15 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского

проекта

В таблице 9 представлен расчет нижней границы бюджета проекта, направленного на разработку устройства для пассивной лечебной гимнастики (по трем рассматриваемым вариантам).

Таблица 9. Бюджет проекта

Наименование работ	Стоимость работы		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Материальные затраты на подготовку макета	2100	3600	5600
Основная заработная плата	98070	115650	111790
Страховые отчисления	33774	35908	34709
Контрагентные расходы	5430	6050	5990
Накладные расходы	22971	26665	25518
Итого	162345	187873	185507

4.16 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,

бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования и выбора оптимального варианта разработки был рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проектируемого объекта определялся по формуле:

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

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = 162345/187873 = 0,86$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = 187873/187873 = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = 185507/187873 = 0,99$$

В результате расчета интегрального финансового показателя по трем вариантам разработки 1 вариант с небольшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения проектируемого объекта (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра Таблице 10.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить можно найти благодаря данной формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Таблица 10. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Оценка варианта исполнения разработки			Интегральный показатель ресурсоэффективности		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Эргономичность	0,25	5	4	4	1,25	1	1
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
4. Компактность	0,20	5	5	5	1	1	1
5. Надежность	0,15	4	4	2	0,6	0,6	0,3
6. Безопасность	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
Итого	1	24	22	22	4,85	3,8	3,75

На основании полученных интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности был рассчитан интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{вари}$) по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}} \text{ и т.д.}$$

$$I_{исп.1} = 4,85/0,86=5,6;$$

$$I_{исп.2} = 3,8/1=3,8;$$

$$I_{исп.3} = 3,75/0,99=3,79;$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта выполнения объекта сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта и выбора наиболее целесообразного варианта из рассмотренных Таблица 11.

Таблица 11. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,8	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,6	3,8	3,79
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	1	1,1

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее эффективным является вариант 1, так как показатель его сравнительной эффективности по отношению к каждому из остальных вариантов больше.

5 Социальная ответственность

Введение

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

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

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

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

5.1 Производственная безопасность

Для выбора факторов оценки уровня производственной безопасности необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды стоит представить в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Производство проектируемого решения; 2. Эксплуатация готового решения; 3. Эксплуатация оборудования;	1. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 2. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 3. Нервно-психические перегрузки; 4. Недостаточная освещённость рабочей зоны.	1. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструментов и оборудования; 2. Электрический ток; 3. Пожаро-взрывобезопасность.	1. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [69]; 2. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [70]; 3. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды [71]; 4. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [72].

5.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

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

Источниками возникновения звуков являются колебания элементарных частиц и тел, упругого характера. Возникающие колебания распространяются в жидкой, твёрдой и газообразной средах, суммарно вызывая появление шума.

Возникновению шума способствует работа машин и механизмов, электромагнитной аппаратуры, находящихся на территории проведения работ. В то же время шум может возникнуть при нарушении герметизации трубопроводов и резервуаров с газами и жидкостями.

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

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

Продолжительное воздействие шума может вызвать отрицательные изменения в функционировании нервной и сердечно-сосудистой системах человека, вызвать возникновение невротических заболеваний и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Допустимые уровни звукового давления представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Допустимые уровни звукового давления.

Вид трудовой деятельности	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, в Децибелах (дБ)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предприятия, учебные учреждения, организации										
Творческая деятельность, конструирование и проектирование, программирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

5.3 Защита от шума

При превышении уровня шума первого уровня принимаемых мер, работник имеет право потребовать у работодателя снабжения средствами индивидуальной защиты органов слуха. После превышения второго уровня принимаемых мер, все сотрудники в обязательном порядке обеспечиваются средствами индивидуальной защиты по приказу руководства. Которое в свою очередь обязано проконтролировать в правильности использования СИЗ работниками. В случае отказа сотрудника в использовании СИЗ, в его отношении может быть применено дисциплинарное взыскание.

На данный момент существует множество видов СИЗ органов слуха, чья степень поглощения шума зависит от области его возникновения. Тем не менее, к ним применяется комплекс основных требований, представленный ниже:

1. Сиз обязаны сохранять свою эффективность в условиях, уровня шума ниже уровня предпринимаемых мер.

2. Сиз от шума обязаны быть совместимы с средствами индивидуальной защиты любого типа, которые используются сотрудниками.

5.4 Повышенная или пониженная температура воздуха на рабочем месте

Определение микроклимата в производственных помещениях происходит по следующим критериям:

1. уровень температуры в помещении,
2. уровень влажности,

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

Уровень температуры в производственном помещении является одним из основных факторов, которые определяют микроклиматические условия производственной среды. Повышенный уровень температуры вызывает отрицательное воздействие на общее состояние здоровья человека. Такой уровень температур вызывает усиленное потоотделение, что может привести к обезвоживанию организма, сопутствующему выводу из организма минеральных солей и витаминов, вызвать отрицательные стойкие изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы. В то же время значительно повышается частота дыхания, и в целом оказывается отрицательное влияние на функционирование других органов и систем. Самыми опасными во

время производства, являются рассеивание внимания, ухудшение координации движений, замедление реакции, так как снижения их уровня повышает вероятность возникновения несчастного случая, который может привести к травме или даже чрезвычайной ситуации

Продолжительное воздействие высокой температуры окружающей среды может привести к перегреву организма, то есть к гипертермии. Симптомами гипертермии являются возникновение головной боли, появление тошноты, рвоты, периодическое возникновение судорог, падение кровяного давления, и в конечном итоге потеря сознания.

Отрицательные температуры так же отрицательно влияют на организм человека. Происходит сужение сосудов находящихся близко к поверхности кожи, происходит замедление обмена веществ. Продолжительное воздействие низких температур вызывает устойчивые заболевания внутренних органов.

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, работа за компьютером, проектирование и т.п.).

Таблица 14 - Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

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

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

Таблица 15 – Оптимальные значения показателей микроклимата

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

5.5 Нервно-психические перегрузки

Во время проектирования объекта выпускной квалификационной работы возникают нервно-психические перегрузки, вызывающие напряжение органов зрения, и нервно эмоциональное напряжение.

Виды подобных перегрузок подразделяются на [73]:

1. Перенапряжение анализаторов. Вызывается продолжительным сосредоточением внимания на большом количестве объектов наблюдения. Малая различность объектов наблюдения, при большой продолжительности времени наблюдения. Продолжительная работа с экранами персонального компьютера. Нагрузка на органы слуха при условиях малой разборчивости речи.

2. Перенапряжение ЦНС (центральной нервной системы). Вызывается необходимостью нахождения решения сложных технических и художественных задач, сбор, сортировка анализ, оценка и синтез информации. Большое число производственных объектов одновременного наблюдения и плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в единицу времени создают нагрузку на нервную систему. Ограничение времени работы над проектом провоцирует перенапряжение от постоянного стресса и беспокойства о сроках завершения проекта.

3. Режим работы вызывающий дискомфорт. Вызывается монотонностью труда, сверхурочным режимом работы намного более 8 часов. Необходимость проведения работ ночью. Продолжительные коммуникационные нагрузки.

4. Возникновение эмоциональных нагрузок. Воздействия уровня ответственности, за результат собственноручно проведённого труда, возникновение дополнительных рисков для собственной жизни и ответственности за безопасность лиц занятых в проекте.

Нервно-психические перегрузки проявляются в форме умственного перенапряжения, монотонности труда, эмоциональных перегрузок. К тому же общая усталость ведёт к невниманию или пренебрежению техникой безопасности, что повышает травматизм.

Для снижения нервно-психической напряженности рекомендуются следующие меры [74]:

1) чередование работ, требующих участия разных анализаторов (слуха, зрения, осязания и т.д.);

2) чередование работ разной сложности и интенсивности, а также требующих преимущественно умственных нагрузок, с работами физическими;

3) предупреждение и снижение монотонности труда путем повышения содержательности труда;

4) работа по графику с пониженной на 10–15 % нагрузкой в первый и последний часы рабочей смены;

5) компьютеризация вычислительных и аналитических работ, широкое использование персональных компьютеров в практике управления производством, организация компьютерных банков данных по разным аспектам производственной деятельности;

6) введение оптимального ритма и темпа работы, при этом для каждого вида деятельности они могут быть отличны.

Очень важным фактором является длительность и схема чередования смен. Особенное внимание при этом следует уделять условиям работы в ночную смену, рабочим нагрузкам и режиму сна работающих в тёмное время суток.

Для эффективного улучшения условий необходим контроль параметров рабочего места, плановая спецоценка условий труда, позволяющая ква-

лифицировать опасные и вредные факторы и предпринять меры по устранению или снижению их влияния.

5.6 Недостаточная освещенность рабочей зоны

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

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

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

Освещение в помещении должно присутствовать как естественное, так и искусственное, то есть в целом комбинированное. Часто для организации искусственного освещения применяются люминесцентные лампы в таком количестве, что бы норма освещённости (Ен) соответствовала 200 лк, по СП 52.13330.2011 [75]. Пульсация освещения при работе с мониторами не должна превышать 5% в соответствии с СП СанПин №0100-00 [76]. Для того что бы выдержать данные параметры в пределах нормы, рекомендуется использовать светильники с лампами переменного тока частоты 400 Гц и выше.

5.7 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

5.8 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования

Если оставить кромки детали ручного и электроинструмента, а так же их оснасток оставить не обработанными, то на них могут оставаться различные заусенцы и шероховатости, при соприкосновении с которыми могут возникнуть царапины, ссадины и порезы, которые в свою очередь могут вызвать заражение организма, и привести к нетрудоспособности персонала.

По ГОСТ 12.0.003-2015 такие допущения рассматриваются как несоблюдение требований техники безопасности на производстве. Инструмент, используемый в работе, должен быть исправным, применяться по своему назначению, соответствовать нормативно правовым актам на данный вид инструмента. Транспортировка инструмента должны производиться в специализированных сумках или ящиках, при этом острые кромки инструмента стоит защитить. Для безопасности рабочего, не допускается транспортировка инструмента в карманах одежды.

5.9 Электрический ток

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

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

- Электрическая травма - воздействие электрического тока на организм, вызвавшее местное или общее расстройство в работе организма.
- Электрический удар - воздействие электрического тока на организм человека, вызвавшее судорожные сокращения мышц тела.

Согласно ГОСТ Р 12.1.009-2009 В результате воздействия на организм электрического тока, могут возникать электрические травмы, удары и смерть [77].

среди электрических травм можно выделить 2 наиболее опасных вида:

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

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

Персональный компьютер, 3D принтер и электроинструмент питаются от тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в то время как безопасным для человека принято напряжение 42 В. По этому при работе с подобной аппаратурой необходимо соблюдать нормы и правила безопасности жизнедеятельности при работе с электричеством.

Что бы предотвратить электрические травмы, удары или ожоги, необходимо обеспечить изолированность токоведущих частей от проникновения влаги и случайных прикосновений. Так же для подключения оборудования к сети необходимо использовать кабели электропитания с заземлением.

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

5.10 Пожаровзрывобезопасность

Одними из самых вероятных видов чрезвычайных ситуаций на рабочем месте, являются пожар и взрыв. Они же могут понести самые разрушительные последствия и распространиться на близлежащую территорию. Основными причинами возникновения пожара являются: резкий перепад напряжения в сети, короткое замыкание в проводниках, короткое замыкание в розетке, пожар в соседней аудитории, неосторожное обращение с огнём, неисправность нагревательных элементов, не соблюдение правил пожарной безопасности.

Что бы предотвратить подобные ЧС и обезопасить людей, необходимо проводить комплекс мероприятий, как организационных, так и технических мер по предотвращению и ограничению распространения пожара, и созданию условий для его успешного тушения.

5.11 Экологическая безопасность

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [78], даются следующие общие рекомендации по снижению опасности для окружающей среды, исходящей от компьютерной техники: применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности, применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации, отходы в виде компьютерного лома утилизировать, использовать экономные режимы работы оборудования.

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

Вышедшие из строя ПК и оргтехника относятся к IV классу опасности и подлежат специальной утилизации: вывозу и переработке. В ходе деятельности проектирования возникает необходимость утилизировать бумажные отходы, люминесцентные лампы и использованные картриджи от принтеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные

комплектующие персональных компьютеров и картриджи, люминесцентные лампы должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

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

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

Так как в процессе 3D печати, который является неотъемлемой частью процесса изготовления аппарата, образуются твердые пластиковые отходы следует рассмотреть этапы утилизации и переработки пластика.

Основные технологические этапы переработки [79].

- Сперва осуществляется сбор пластика с последующей сортировкой.
- Второй этап – это дробление. Тут требуется особое техническое оборудование для получения флекса. Далее следует промывка флекса с использованием каустической соды. Полученная масса идет в центрифугу для отделения бумаги и прочих посторонних элементов. Это процесс флотации, который также позволяет удалить ненужные элементы. Расфасовка флекса – финальная стадия.

5.12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Так как в параграфе 5.2.3 было определено, что наиболее вероятные ЧС это пожар, стоит рассмотреть подробнее методы и мероприятия защиты от него. По ГОСТ 12.1.004-91 [80]:

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

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

3. Необходимо предусмотреть блокировку системы электропитания лабораторной установки.

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

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

5.13 Необходимые действия при возникновении пожара в помещении

- В первую очередь требуется по телефону «01» или «112», сообщить в службы спасения о случившемся пожаре.

- Затем необходимо организовать эвакуацию людей в соответствии с планом эвакуации. Необходимо проследить, что бы во время эвакуации не создавалась паника.

- До приезда служб спасения необходимо использовать средства пожаротушения, которые имеются в наличии. Если ликвидировать очаг пожара с помощью собственных сил не удалось, то необходимо покинуть помещение и закрыть дверь (замок не запирать).

5.14 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

- Время рабочей недели в сумме не должно превышать 40 часов. При работе во вредных условиях для жизни не более 36 часов.

- Рабочая зона должна обеспечивать свободную доступность оборудования к его эксплуатации и осмотру, аптечки и огнетушителя. Путь для эва-

куации должен быть свободным. Рабочее место должно соответствовать санитарным нормам для трудовой деятельности оператора.

Так же рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Обеспечивать удобство выполнения работ;
2. Учитывать уровень физической тяжести выполняемых работ;
3. Размеры рабочей зоны проектируются с учётом необходимых передвижений работающего человека в ней;

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

При выполнении работ в положении сидя, рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Конструкция рабочего места и стула должны обеспечивать оптимальное положение человека, обеспечивать комфортное поддержание рабочей позы и её изменения, для снижения статического напряжения мышц. В соответствии с рисунком 82.

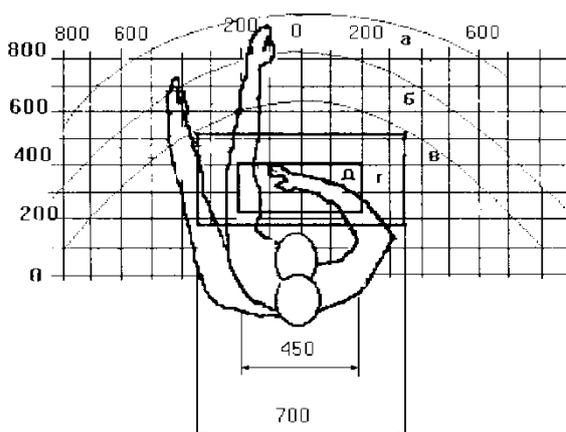


Рисунок 82 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

- а - зона максимальной досягаемости,
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке,
- в - зона легкой досягаемости ладони,
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы,

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рабочее помещение должно соответствовать нормам полезной площади и объёма помещения. Для высших учебных заведений оптимальная площадь помещения на одного обучающегося не должна быть меньше 4м^2 , а по СНиП 2.08.02-89 [81].

Заключение

В ходе проведённой работы была сформирована основная концепция дизайна оборудования для пассивной лечебной гимнастики. Был сформирован ряд оригинальных решений проблем, возникнувших на этапе проектирования, а также заложен курс на дальнейшие исследования.

Исходное задание включало в себя: аналитический обзор по литературным источникам, поиск и анализ существующих аналогов устройств экзоскелетного типа, изучение и поиск специальной литературы по конструкции устройств такого типа, разработку эргономичной конструкции и художественно-эстетического решения устройства для пассивной лечебной гимнастики,

Первая глава содержит: анализ аналогов, анализ методов и средств проектирования, выбор материалов и существующих систем регулировки размеров.

Вторая глава содержит: эскизирование и выбор концепции, выбор цветовой схемы, опрос потребителей.

Третья глава содержит: моделирование вариантов конструкции в среде САПР, эргономический анализ, создание вспомогательного инструмента, расчёт расхода материала на конструкцию, создание графического материала и изготовление макета.

Четвёртая и пятая главы посвящены экономическому обоснованию проекта и его социальной ответственности.

Таким образом основная цель по разработке дизайна внешней оболочки устройства, была успешно выполнена. В итоге создан дизайн-проект устройства для пассивной гимнастики, включающий в себя набор модулей повышавших его размерную масштабируемость.

Список использованных источников

- 1 Disabled persons - statistics and numerical data. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/ru/ свободный. – Загл. с экрана.
- 2 Статистика инвалидности в России. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: http://specialbank.ru/2016/10/18/stats_russia свободный. – Загл. с экрана.
- 3 Аналитический обзор мирового рынка робототехники [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/analytics/2018/ANALITICESKIJ-OVZOR-MIROVOGO-RYNKA-ROBOTOTEHNIKI.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 4 «Экзоатлет» [Электронный ресурс]: получил регистрационное удостоверение Росздравнадзора <https://www.rvc.ru/press-service/news/investment/82629/> свободный. – Загл. с экрана.
- 5 В Японии в медицинскую страховку включили экзоскелеты [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://obzor.press/world/2016013015509> свободный. – Загл. с экрана.
- 6 Захарова А.А., Ямпольский В.З. 3-D моделирование нефтяных месторождений. / Томск: Изд-во НТЛ, 2010. - 244с.
- 7 Гиляров М. С. Биологический энциклопедический словарь. / - М.: Советская энциклопедия, 1986 - 831 с.
- 8 Шпаковский В. История рыцарского вооружения. / - М.: Ломоносов, 2013 - 79 с.
- 9 The History of Jumping Boots [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.abcarticledirectory.com/Article/The-History-of-Jumping-Boots/188356> свободный. – Загл. с экрана.
- 10 Herr, Hugh. “Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions.” // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 6.1 (2009): 21.

11 Patrick J. Kiger How ge's early innovations provided a glimpse of the future [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://channel.nationalgeographic.com/breakthrough-series/articles/how-ges-early-innovations-provided-a-glimpse-of-the-future/>

12 Вукобратович М. Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. / под ред. В. С. Гурфинкеля, Москва: Мир, 1976. – 541с.

13 Вукобратович М., Стокич Д., Кирчански Н. Неадаптивное и адаптивное управление манипуляционными роботами. / Пер. с англ. М., 1989. – 376 с.

14 Верейкин А.А. К вопросу применения экзоскелетов в промышленной и строительной сфере - история разработок, виды, классификация [Электронный ресурс]: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана – 2015. - Режим доступа: <http://www.str-t.ru/reports/18/> – Загл. с экрана.

15 Sarah Yang, Media Relations UC Berkeley researchers developing robotic exoskeleton that can enhance human strength and endurance.

16 Elain Chow, Faster, Better, Stronger: HAL Robot Exoskeletons Available for Rent, Gizmodo, 7-октября 2008 года свободный. – Загл. с экрана.

17 Feature: Can we build an 'Iron Man' suit that gives soldiers a robotic boost? By Warren Cornwall Oct. 15, 2015

18 Timothy Brown, Biomedical Engineering, University of Rhode Island BME 281 Second Presentation, November 13, 2012.

19 ReWalk Robotics Ltd [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://rewalk.com/> свободный. – Загл. с экрана.

20 U.S. Army TALOS Exoskeleton to Begin Manned Testing in 2019 <https://www.autoevolution.com/news/us-army-talos-exoskeleton-to-begin-manned-testing-in-2019-125857.html>

21 Chairless-Chair <https://www.micromo.com/applications/robotics-factory-automation/chairless-chair-system>

22 Marsi Bionics [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.marsibionics.com/en-los-medios/page/2/?lang=en> свободный. – Загл. с экрана.

23 Экзоатлет [Электронный ресурс]: <https://www.exoatlet.com/ru/news/91> свободный. – Загл. с экрана.

24 Новый экзоскелет тяжелого класса от компании Hyundai - H-LEX [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.dailytechinfo.org/robots/8139-h-lex-novyy-ekzoskelet-tyazhelogo-klassa-ot-kompanii-hyundai.html> свободный. – Загл. с экрана.

25 Takehito Kikuchi, Kohei Sakai, and Isao Abe - Bioinspired Knee Joint for a Power-Assist Suit Oita University, Dannoharu 700, Oita 870-1192, Japan.

26 Biofidelic Actuated Exosuit - Silicon Valley (SRI International Headquarters) 333 Ravenswood Avenue Menlo Park, CA 94025 [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.sri.com/brochures/superflex-soft-biofidelic-actuated-exosuit> свободный. – Загл. с экрана.

27 US Bionics, Inc. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.suitx.com/phoenix-medical-exoskeleton-europe> свободный. – Загл. с экрана.

28 А.А. Воробьев, А.В. Петрухин, О.А. Засыпкина, П.С. Кривоножкина, А.М. Поздняков - Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // Современные технологии в медицине – 2015. - № 2. – С.3-5.

29 Овчинникова Р. Ю. Методологические основы дизайн-исследования // Омский научный вестник – 2013. - №1 . – С. 205-208.

30 Ю.С. Карабасов. Новые материалы // под науч. ред. Ю.С. Карабасова. - М.: Мисис, 2002 - 738 с.

31 Расходные материалы для 3d принтеров. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://3dtoday.ru/industry/3d-printers/consumables/> свободный. – Загл. с экрана.

32 Пластик SBS [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://rusabs.ru/collection/sbs> свободный. – Загл. с экрана.

33 Ликбез по химикатам или что в чем растворяется [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/3dlab/introduction-to-chemicals-or-that-what-is-dissolved/> свободный. – Загл. с экрана.

34 ГОСТ 30974-2002 Соединения угловые деревянных брусчатых и бревенчатых малоэтажных зданий. Классификация, конструкции, размеры.

35 Скойбеда А. Т. и др. Детали машин и основы конструирования: Учебник. / Скойбеда А. Т., Кузьмин А. В., Макейчик Н. Н. Под общ. ред. А. Т. Скойбеда. — Мн.:Высшая школа, 2000. — С. 336. — 584 с.

36 ГОСТ 18097-93 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности.

37 MIL-STD-1913, US Army ARDEC, Picatinny Arsenal, NJ, 1995 (англ.)

38 СП СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

39 Engheta, Nader (англ.)русск.; Ziolkowski, Richard W. Metamaterials: Physics and Engineering Explorations. // John Wiley & Sons & IEEE Press, 2006. — P. xv, 3–30, 37, 143–150, 215–234, 240–256. — 440 p. — ISBN 978-0-471-76102-0.

40 Grzesiak A., Becker R., and Verl A. “The Bionic Handling Assistant - A Success Story of Additive Manufacturing”. // Assembly Automation, vol. 31, no. 4, pp. 329 - 333, 2011. свободный. – Загл. с экрана.

41 Розенсон И.А. Основы теории дизайна. Учебник для вузов / Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 217 с.

42 Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: Учеб. пособие. / Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 297 с.

43 Зиатдинова Д. Ф., Ахметова Д. А., Тимербаев Н. Ф. Методики составления цветофактурных схем: учебное пособие / Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 111 с.

44 Анатомия горнолыжных ботинок [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://ski.ru/az/blogs/post/anatomiya-gornolyzhnykh-botinok/> свободный. – Загл. с экрана.

45 Браэм Гаральд "Психология цвета" / Издательство: АСТ, 2009. – 160.

46 Инструмент для подбора цветов и генерации цветовых схем [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://colorscheme.ru/> свободный. – Загл. с экрана.

47 Малюх Владимир Николаевич Введение в современные САПР / Москва: ДМК пресс. Электронные книги, 2013. – 188 с.

48 ГОСТ 28191-89. Хомуты зажимные для рукавов. Технические условия.

49 Кабель-рулетка [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.aldi.ru/catalog/element/0115262/> свободный. – Загл. с экрана.

50 Autodesk 3ds Max 9 MAXScript essentials (2007), Focal Press, ISBN 9780240809328 [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://books.google.com/books/about/Autodesk_3ds_Max_9_MAXScript_Essentials.html?id=ibbul9uZ1b8C свободный. – Загл. с экрана.

51 Описание материала FLEX [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://filatrade.ru/news/flex-rezinovyy-elastichnyy-i-gibkiy/> свободный. – Загл. с экрана.

52 Ultimaker Cura [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software> свободный. – Загл. с экрана.

53 Йозеф Мюллер-Брокманн «Модульные системы в графическом дизайне. Пособие для графиков, типографов и оформителей выставок» / Москва: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. - 178 с.

54 Proxima Nova [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://typekit.com/fonts/proxima-nova> свободный. – Загл. с экрана.

55 Разработка фирменного стиля [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.logaster.ru/corporate-identity/> свободный. – Загл. с экрана.

56 Всё о товарных знаках [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.znakoved.ru/chto_takoe_tovarnyj_znak/ свободный. – Загл. с экрана.

57 Обзор материалов для 3D-печати ESUN [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/cvetmir3d/plastics/> свободный. – Загл. с экрана.

57 Функции товарных знаков [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://tovarnyiznak.ru/informatsiya/funksii-tovarnyih-znakov/> свободный. – Загл. с экрана.

58 Леонардо да Винчи / Москва: Изд-во КоЛибри, 2015. - 672 с.

59 Перро К. Сокращённый Витрувий, или Совершенный архитектор. / Перевод архитектуры-помощника Федора Каржавина. — М.: Унив. тип. у Н.Новикова, 1789. - 230 с.

60 Ostwald, Michael. «The Modulor and Modulor 2 by Le Corbusier (Charles Edouard Jeanneret), 2 volumes. Basel: Birkhäuser, 2000» // Nexus Network Journal 3, 2001.- P. 145-48.

61 Правила оформления компьютерных презентаций [Электронный ресурс]: - Режим доступа: - http://comp-science.narod.ru/pr_prez.htm свободный. – Загл. с экрана.

62 Дэвид Эйри «Логотип и фирменный стиль. Руководство дизайнера. 2-е изд. / Санкт-Петербург: Питер, 2009. – 224 с.

63 Dassault Systèmes SOLIDWORKS [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.solidworks.com/sw/globalsites.htm> свободный. – Загл. с экрана.

64 Adobe Premiere Pro [Электронный ресурс]: - Режим доступа: https://www.adobe.com/ru/creativecloud.html?sdid=JRSIX&mv=search&skwid=AL!3085!3!247444139964!b!!g!!indesign%20creative%20cloud&s_kwid=AL!30

85!3!247444139964!b!!g!!indesign%20creative%20cloud&ef_id=WmlccAAAAJg
JLVHa:20180617075613:s свободный. – Загл. с экрана.

65 Платов О.К. Разработка и реализация управленческих решений: учебное пособие. / Ярославль: ЯрГУ, 2001. - 114 с.

66 А.И. Орлов Менеджмент Учебник. / М.: Издательство "Изумруд", 2003. – 256.

68 У. Кларк. Графики Гантта. Учёт и планирование работы. 5-е издание. / Москва: Техника управления, 1931. – 124с.

69 ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»

70 ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

71 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды

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

73 Занько Н. Г., Ретнев В. М. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Занько Н. Г., Ретнев В. М. — Москва: издательский центр Академия, 2004. —288 с.

74 Демидова Н. В. Как повысить результативность труда сотрудников: практическое пособие / Н. В. Демидова. - М.: Дашков и КО, 2012. - 222 с.

75 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

76 СанПин №0100-00 "Санитарные правила и нормы при работе на персональных компьютерах, видеодисплейных терминалах и оргтехнике"

77 ГОСТ Р 12.1.009-2009 ГОСТ Р 12.1.009-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Термины и определения

78 Российская компания «Сеть кабинетов здоровья» [Электронный ресурс]: - Режим доступа:

<http://www.ruskz.ru/production/stati/izdeliya/polimernyi-material-eva-etilenvinilacetat/> свободный. – Загл. с экрана.

79 Переработка пластиковых отходов [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://promplace.ru/articles/pererabotka-plastikovich-othodov-222> свободный. – Загл. с экрана.

80 ГОСТ 12.1.004-91 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ Общие требования

81 СНиП 2.08.02-89* Общественные здания и сооружения (с Изменениями N 1-5)

Приложение А

(справочное)

Таблица А.1 Методы дизайн-проектирования

Название	Цена	Особенности
Hal 5 (Syberdyne) Япония	\$ 14000 - 22000	<ul style="list-style-type: none">- поднимает вес 22 фунта (760 кг)- масса 23 кг (руки 8 кг, ноги 15 кг)- походит 2,5 мили- собственные системы контроля перемещения пользователя- полная поддержка для людей с парализованными конечностями.
Ekso (Exobionics)	\$ 70000- 100000	<ul style="list-style-type: none">- Вес 50 фунтов- поднимает вес 33 фунта- хорошо подходит для реабилитации (создан для медицины)- тренировочный режим с голосовым справочником- собственные системы авто захвата сенсоров движения
Xos 2 (Xos 2)	\$	<ul style="list-style-type: none">- поднимает вес 150-200 фунтов- питание от сети (в планах)- гидравлика и электрические системы спроектированы для военных целей- пользователь может бегать, прыгать, поднимать груз, подтягиваться
ReWalk Personal 6.0 (Israel ReWalk Robotics)	\$ 77000	<ul style="list-style-type: none">- Скорость 0,75 м/с- Индивидуальная подгонка под пользователя- Подвижные соединения корректно согласованы с суставами пользователя

		<ul style="list-style-type: none"> - Отнесённые на расстояние, механические элементы позволяют носить любую одежду - Легко одевается и снимается - Двигатели расположены на бёдрах и коленях (снижает нагрузку)
Fortis	\$ 100.00	<ul style="list-style-type: none"> - Вес 36 фунтов (15\30 ф. 7\14 кг.) - Поддержка мышц пользователя - Не для активных действий, то есть рабочий для поднятия и удержания тяжёлого инструмента - Не требует батареи - Технология компенсации веса Zero G - Подходит для операторов

Приложение Б

(справочное)

Таблица Б.1 Методы дизайн-проектирования

Аналоговое проектирование (решение задачи)	Инновационное проектирование (разрешение проблемы)
Неопределенная ситуация сводится к определенной, имеющей известное решение	Определенная ситуация при расширении ее контекста (при включении в нее новых обстоятельств, точек зрения и т. п.) освобождается от готовых решений
Определенная ситуация при расширении ее контекста (при включении в нее новых обстоятельств, точек зрения и т. п.) освобождается от готовых решений	Определенная ситуация при расширении ее контекста (при включении в нее новых обстоятельств, точек зрения и т. п.) освобождается от готовых решений
Проверяется возможность перенесения найденных решений на проектируемый объект	Выбранное решение конкретизируется, проверяются его уместность и своевременность в данной социокультурной ситуации, рассматриваются практическая возможность воплощения, соответствие уровню развития технологий, допустимым финансовым затратам и т. д.
В проектном предложении минимально трансформируются знакомые решения сходной задачи	В проектном предложении содержится неожиданное и на первый взгляд парадоксальное разрешение проблемы
Прототипический подход («мост»)	Проблематизирующий подход («переправа»)

Приложение В

(справочное)

Таблица В.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Компактность	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	2	0,75	0,6	0,3
3. Помехоустойчивость	0,05	4	1	5	0,2	0,16	0,25
4. Эргономичность	0,09	5	2	3	0,4	0,15	0,24
5. Уровень шума	0,01	5	5	5	0,15	0,12	0,15
6. Безопасность	0,13	5	2	3	0,3	0,09	0,12
7. Внешний дизайн	0,05	4	3	2	0,12	0,09	0,09
8. Предоставляемые возможности	0,06	5	4	3	0,35	0,28	0,21
9. Простота эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
10. Возможность подключения в дополнительных приборах	0,01	4	2	2	0,04	0,02	0,02
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	5	3	0,08	0,1	0,06
3. Цена	0,02	5	3	4	0,1	0,06	0,08
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
8. Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2

Итого	1	84	72	69	4,59	4,21	3,95
--------------	----------	-----------	-----------	-----------	-------------	-------------	-------------

Приложение Г

(справочное)

Таблица 3. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное Значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Помехоустойчивость	0,06	100	100	1	0,05
2. Надежность	0,1	90	100	0,6	0,9
3. Унифицированность	0,05	90	100	0,95	0,105
4. Уровень материалоемкости конструкции	0,04	85	100	0,9	0,054
5. Уровень шума	0,05	100	100	0,95	0,09
6. Безопасность	0,1	100	100	0,85	0,077
7. Потребность в ресурсах памяти	0,01	90	100	0,9	0,009
8. Представляемые возможности	0,06	75	100	0,75	0,045
9. Простота эксплуатации	0,09	95	100	0,95	0,086
10. Ремонтопригодность	0,02	70	100	0,7	0,014
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
11. Конкурентоспособность продукта	0,08	95	100	0,9	0,045
12. Уровень проникновения на рынок	0,06	80	100	0,75	0,045
13. Перспективность рынка	0,09	85	100	0,8	0,085
14. Цена	0,08	90	100	0,8	0,072
15. Послепродажное обслуживание	0,06	75	100	0,7	0,049
Срок выхода на рынок	0,06	95	100	1	0,04

Итого	1				0,963
--------------	----------	--	--	--	--------------

Приложение Д

(справочное)

Таблица 1. Матрица SWOT

Сильные стороны научно исследовательского проекта:	Слабые стороны научно исследовательского проекта:
С1. Безопасность, С2. Экологичность С3. Современный дизайн С4. Эргономичность. С5. Возможность установки дополнительных элементов С6. Универсальная конструкция для любого типа людей С7. Надежность	Сл1. Возможность повреждения пены Сл2. Наличие конкурентов с устойчивым рынком сбыта Сл3. Имеются аналоги универсальными конструкциями за рубежом Сл4. Переход от старых традиционных форм к новым
Возможности:	Угрозы:
В1. Возможность размещения на определенном ограниченном пространстве В2. Возможность подключения интеллектуальных систем В3. Возможность размещения в экзоскелете дополнительных мест хранения	У1. Недоверие к конструкциям и технологиям производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства и материалов. У3. Исчезновение заинтересованных групп лиц.

Таблица 2. Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Возможности проекта	V1	0	-	-	+	+	+	+
	V2	+	+	+	-	-	0	-
	V3	+	-	+	0	-	+	+

Таблица 3. Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	0	+	-	+
	В2	+	-	0	-
	В3	+	-	+	-

Таблица 4. Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
Угрозы про- екта	У1	0	-	-	+	+	+	-
	У2	+	-	0	0	+	+	-

Таблица 5. Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы про- екта	У1	0	+	-	+
	У2	+	-	+	+

Таблица 6. Результаты матрицы SWOT

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Безопасность</p> <p>С2. Экологичность</p> <p>С3. Современный дизайн</p> <p>С4. Эргономичность.</p> <p>С5. Возможность установки дополнительных элементов</p> <p>С6. Универсальная конструкция для любого типа людей</p> <p>С7. Надежность</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Возможность повреждения пены</p> <p>Сл2. Наличие конкурентов с устойчивым рынком сбыта</p> <p>Сл3. Имеются аналоги, универсальные конструкции за рубежом</p> <p>Сл4. Сложность переход от старых традиционных форм к новым</p>
--	--	---

Возможности:	SO:	WO:
<p>V1. Возможность размещения на определенном ограниченном пространстве</p> <p>V2. Возможность подключения развлекательных систем</p> <p>V3. Возможность размещения в транспорте дополнительных мест хранения</p>	<p>SO: V1C4C5C6C7: Усовершенствовать основную конструкцию дополнительными элементами для людей с инвалидностью</p> <p>V2C1C2C3: Использовать различные комбинации элементов устройства для возможности тонкой настройки для людей с различной комплектацией.</p> <p>V3C1C3C6C7 Использовать более дешевые и выгодные технологии изготовления и материалы, для использования в муниципальных медицинских учреждениях.</p>	<p>WO: V1Cл2Cл4 Использовать современные интеллектуальные, не установленные на основных конкурентах</p> <p>V2Cл1 Использовать новые технологии производства и материалов.</p> <p>V3Cл1Cл3 Рационально использовать места хранения.</p>
Угрозы:	ST:	WT:
<p>U1. Недоверие к новым конструкциям и технологиям производства.</p> <p>U2. Развитая конкуренция технологий производства и материалов.</p> <p>U3. Исчезновение заинтересованных</p>	<p>ST: U1C3 Современный, продуманный дизайн позволит преодолеть существующее недоверие к новым конструкциям.</p> <p>U2C1C6 Универсальная конструкция позволит производить устройства с помощью более выгодных технологий и материалов.</p>	<p>WT: U1Cл1Cл2Cл3 Необходимо предусмотреть изменение основной подкладочной пены, в зависимости от назначения, заменить ее на более прочную</p> <p>U2Cл1Cл3Cл4 Необходимо предусмотреть изменение, в соответствии с современными тенденци-</p>

групп лиц.		ями, основного образа.
------------	--	------------------------

Приложение Е

(справочное)

Таблица Е.1 Морфологическая матрица для разрабатываемого устройства

	1	2	3	4
А. Охват на предплечье	С пластиковыми подвижными элементами	С металлическими подвижными элементами	Бионическая форма	Технологичная форма
Б. Охват на плечо	С пластиковыми подвижными элементами	С металлическими подвижными элементами	Бионическая форма	Технологичная форма
В. Охват на бедро	С пластиковыми подвижными элементами	С металлическими подвижными элементами	Бионическая форма	Технологичная форма
Г. Охват на голень	С пластиковыми подвижными элементами	С металлическими подвижными элементами	Бионическая форма	Технологичная форма

Приложение Ж

(справочное)

Таблица Ж.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка ТЗ	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дизайнер
	3	Анализ существующих аналогов	Дизайнер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, дизайнер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дизайнер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Эскизирование, формообразование	Дизайнер
	7	Эргономический анализ	Руководитель, дизайнер
	8	Колористический анализ	Дизайнер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, дизайнер
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, дизайнер
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка графического материала по эргономическому анализу	Дизайнер
	12	3D-визуализация (видовые	Дизайнер

		точки, видео- ролик)	
	13	Оформление чертежей	Дизайнер
	14	Оформление планшетов, альбома, презентации в общем фирменном стиле	Руководитель, дизайнер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	15	Конструирование и изготовление макета	Дизайнер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Дизайнер
	17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Дизайнер
	18	Социальная ответственность	Дизайнер

Приложение К

(справочное)

Таблица К.1 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость									Длительность работы в рабочих днях $t_{\text{раб } i}$	Длительность работы в календарных днях $T_{\text{КАЛ}}$
	$t_{\text{min } i}$ Чел-дни			$t_{\text{max } i}$ Чел-дни			$t_{\text{ож } i}$ Чел-дни				
	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Составление и утверждение ТЗ, утверждение плана графика	2			3			3,4			3,64	5
2. Календарное планирование выполнения ВКР	2	3		5	6		3,1	1,2		2,2	3
3. Анализ аналогов, изучение материала		17		5	33			23,5		27,9	30
4. Выбор концепции, эскизирование		15			25			20,5		24,9	29
5. Эрго. анализ, функциональный анализ		55			85			68		75,5	88
6. 3d моделирование, макетирование		16			30			21,6		25,92	30
7. 3d визуализация, видеоролик		5	3		9	5		6,6	3,8	11,08	13
8. Оформление чертежей		5	3		9	5		6,6	2,8	11,08	13
9. Оформление планшетов, альбома и презентации		5			17			9,8		11,96	14
10. Изготовление окончательного		13			19			15,5		18,68	22

варианта макета											
11.Составление пояснительной записки (эксплуатационной технической документации)		35			48			40		49,87	57
12. Фин.менеджмент, ресурсо эффективность и ресурсосбережение		9			13			6,7	3,9	11,09	13
13.Социальная ответственность		9			13			6,7	3,9	11,09	13
Итого	4	18 7	6	13	32 7	1 0	6.5	25 7,8	14, 4	279,9	349

Приложение Л

(справочное)

Таблица Л.1 - Календарный план-график выполнения проекта

Название работы	Исп.	Длительность работ в календарных днях T_{ki}	Продолжительность выполнения работ																	
			Февр.			Март			Ап-рель			Май			Июнь					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1. Составление и утверждение ТЗ, утверждение плана графика	Исп. 1	5																		
2. Календарное планирование выполнения ВКР	Исп. 1 Исп. 2	3																		
3. Анализ аналогов, изучение материала	Исп. 2	30																		
4. Выбор концепции, эскизирование	Исп. 2	29																		
5. Эрго. анализ, функциональный анализ	Исп. 2	88																		
6. 3d моделирование, макетирование	Исп. 2	30																		
7. 3d визуализация, видеоролик	Исп. 2 Исп. 3	13																		
8. Оформление чертежей	Исп. 2 Исп. 3	13																		
9. Оформление планшето-в, альбома и презентации	Исп. 2	14																		
10. Изготовление окончательного варианта макета	Исп. 2	22																		
11. Составление пояснительной записки (эксплуатационной технической документации)	Исп. 2	57																		
12.	Исп.	13																		

Приложение Н1

(справочное)



Приложение Н2

(справочное)

