

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

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность): промышленный дизайн

Кафедра инженерной графики и промышленного дизайна

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА И КОНСТРУКТОРСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ МИКРОМИНИАТЮРНОГО ПОРТАТИВНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ NIMB-R100

УДК 658.512.23:621.382.2/3-181.48

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ген. директор ООО «ИНТЭК»	Калиновский Никита Владиславович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	Кандидат химических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующая кафедрой ИГПД	Захарова Алена Александровна	Доктор технических наук		

ЦЕЛИ ООП

Механизм формирования целей ООП «Дизайн» определяется требованиями ФГОС ВПО, стандарта ООП ГОУ ВПО НИ ТПУ, концепцией программы, критериями аккредитации основных образовательных программ, требованиями работодателей в рамках Миссии ТПУ. Через оценивание результатов обучения проверяется достижение целей ООП, а проведение анализа удовлетворенности потребителей является основанием для корректировки целей программы.

Таблица 1. Цели основной образовательной программы по направлению 54.04.01 «Дизайн»

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС ВПО и (или) заинтересованных работодателей
Ц1	Подготовка выпускника к <i>художественной деятельности</i> в области современного дизайна на основе методов и средств создания художественного образа	Требования ФГОС ВПО направления «Дизайн». Потребности промышленных предприятий и дизайнерских агентств России
Ц2	Подготовка выпускника к <i>проектной и производственно-технологической деятельности</i> в области создания художественных изделий с использованием средств проектной графики, компьютерного моделирования и макетирования, методов выполнения дизайн-проектов	Требования ФГОС ВПО. Потребности российских предприятий и дизайнерских агентств.

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС ВПО и (или) заинтересованных работодателей
Ц3	Подготовка выпускника к <i>информационно-коммуникативной деятельности</i> для обеспечения эффективного инженерного конструирования с учетом технологии изготовления изделий	Требования ФГОС ВПО. Потребности российских предприятий и дизайнерских агентств.
Ц4	Подготовка выпускника к <i>организационно-управленческой, экспертно-консультационной и инновационной деятельности</i> на предприятиях и фирмах, занимающихся разработкой дизайна изделий и среды	Требования ФГОС ВПО. Потребности российских предприятий и дизайнерских агентств.

Ц5	<p>Подготовка выпускника к <i>научно-исследовательской и педагогической деятельности</i> в общеобразовательных учреждениях, образовательных учреждениях среднего профессионального и дополнительного образования</p>	<p>Требования ФГОС ВПО. Потребности российских предприятий и дизайнерских агентств.</p> <p>Детские художественные школы №1,2,3 Города Томска</p> <p><u>Академическая детская школа искусств №40</u></p> <p>Детские школы искусств №1,2,3,4,5,6</p> <p><u>Томский Государственный Промышленно-Гуманитарный колледж</u></p> <p><u>Томский Государственный Педагогический колледж</u></p> <p><u>Томский Экономико-Промышленный колледж</u></p> <p><u>Томский колледж Дизайна и Сервиса</u></p> <p><u>Областной колледж Культуры и Искусства</u></p> <p><u>Колледж Искусств</u></p> <p>Томский государственный университет</p> <p>Томский политехнический университет</p> <p>Др. высшие учебные заведения,осуществляющие</p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС ВПО и (или) заинтересованных работодателей
		подготовку специалистов по данному профилю
Ц6	Подготовка выпускника к самостоятельному обучению и освоению новых профессиональных знаний и умений, непрерывному профессиональному самосовершенствованию	Требования ФГОС ВПО. Запросы отечественных и зарубежных работодателей Проектно-производственная фирма "Дизайн-А" Проектная фирма «Проект-Строй» Interior-А, дизайн-бюро Indigo дизайн, дизайн-группа SamsungElectronics ООО «Модус ЛТД» в составе концерна Промдизайн и др.

Результаты обучения (компетенции выпускников)

На основании ФГОС ВПО, стандарта ООП ГОУ ВПО НИ 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» (промышленный дизайн) должен демонстрировать результаты обучения – профессиональные и общекультурные компетенции. Выпускник ООП по профилю «Промышленный дизайн» направления подготовки 54.04.01 «Дизайн» должен демонстрировать результаты обучения (освоения программы), представленные в табл.2.

Таблица 2. Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> общенаучные, экономические и профессиональные <i>знания</i> для создания оригинальных дизайн-проектов (объектов).	Требования ФГОС (ПК-3; ОК-1) ¹
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий и методов создания дизайн – объектов для решения <i>профессиональных</i> творческих задач	Требования ФГОС (ОК-1; ПК-3,6; ОПК-5)

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи, связанные с <i>конструированием, макетированием и моделированием</i> композиционных решений дизайн - объектов	Требования ФГОС (ПК-3,5; ОК-1,3)
Р4	Разрабатывать <i>проектную идею</i> , основанную на концептуальном и творческом подходе к решению дизайнерских задач, ориентированную на создание инновационной продукции, востребованной на <i>мировом</i> рынке	Требования ФГОС (ОК-1,2; ПК-4,9)
Р5	Проводить <i>исследования</i> в области промышленного дизайна, быть готовым вести педагогическую деятельность в общеобразовательных учреждениях, образовательных учреждениях среднего профессионального и дополнительного образования.	Требования ФГОС (ПК-1,2; ОК-2; ОПК-3)
<i>Универсальные компетенции</i>		

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р6	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной деятельности</i> в области <i>промышленного дизайна</i> с учетом <i>юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности</i> .	Требования ФГОС (ОК-2; ПК-8,9)
Р7	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в <i>иноязычной среде</i> , <i>разрабатывать эскизную документацию</i> , <i>презентовать</i> и <i>защищать результаты инновационной деятельности</i> в области <i>промышленного дизайна</i> .	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-1; ОПК-1,6)
Р8	Эффективно <i>работать как индивидуально, так и в качестве члена и руководителя команды</i> , состоящей из <i>специалистов различных направлений и квалификаций</i> , <i>демонстрировать ответственность за результаты работы</i> и <i>готовность следовать корпоративной культуре</i> организации.	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-7; ОПК-2,4)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р9	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной деятельности в области промышленного дизайна	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-9)
Р10	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3; ОПК-3)

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

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность): промышленный дизайн

Кафедра инженерной графики и промышленного дизайна

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Захарова А.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

На выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА И КОНСТРУКТОРСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ МИКРОМИНИАТЮРНОГО ПОРТАТИВНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ NIMB-R100	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект разработки – микроминиатюрное портативное устройство NIMB-R100; Режим работы – непрерывный; Материал деталей корпуса – полупрозрачный пластик <i>VisiJet Crystal, EX 200 Plastic Material</i> ; Устройство предназначено для отправки сигнала тревоги посредством нажатия на кнопку.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Постановка задачи 1.1. Актуальность 1.2. Техническое задание 2. Разработка поведенческой стратегии 2.1. Функционал устройства 2.2. Проблема классификации устройства 2.3. Эксплуатация устройства 3. Обзор аналогов

	<ul style="list-style-type: none"> 4. Выбор и обоснование программного обеспечения 5. Первичное проектирование устройства <ul style="list-style-type: none"> 5.1. Разработка габаритных моделей 5.2. Первичное проектирование внешнего вида 5.3. Первичная компоновка устройства 6. Разработка внешнего вида <ul style="list-style-type: none"> 6.1. Формообразование 6.2. Эргономика и функциональность 6.3. Детальное проектирование внешнего вида 7. Компоновка и конструктив <ul style="list-style-type: none"> 7.1. Детальная компоновка устройства 7.2. Проектирование конструктива устройства 7.3. Унификация устройства 8. Выбор и обоснование материалов, производственных решений <ul style="list-style-type: none"> 8.1. Критерии подбора материалов 8.2. Выбор и обоснование материалов 8.3. Выбор и обоснование технологии производства 9. Производство опытных образцов <ul style="list-style-type: none"> 9.1. Технология 9.2. Материал 10. Испытания и рекомендации для следующей итерации 11. Финансовый менеджмент, Ресурсоэффективность и ресурсосбережение 12. Социальная ответственность
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич, к.э.н., доцент
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна, к.х.н., доцент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1. Актуальность
2. Функционал устройства
3. Эксплуатация устройства
4. Обзор аналогов
5. Выбор и обоснование программного обеспечения

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ген. директор ООО «ИНТЭК»	Калиновский Никита Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 166 страниц, 60 рисунков, 28 таблиц, 65 источников и 9 приложений.

Ключевые слова: микроминиатюрное устройство, портативное устройство, носимое устройство, умное кольцо.

Объектом исследования является микроминиатюрное портативное устройство NIMB-R100.

Цель работы заключается в разработке дизайнерского и конструкторского исполнения первой итерации устройства NIMB-R100.

В результате проведенных исследований разработана первая итерация дизайнерского и конструкторского исполнения устройства. Разработаны трехмерные модели корпуса. Корпус состоит из внешней детали, внутренней детали, кнопки и линзы. Сопряжение деталей осуществляется на основе выступов. Обеспечена защита от переплюсовки с использованием неодимовых магнитов. Обеспечено надежное позиционирование внутренних компонентов посредством посадочных мест, пазов и стоек.

Степень внедрения: изготовлены опытные образцы для демонстрации, опытной эксплуатации и испытаний. В результате испытаний составлены рекомендации для следующей итерации – постановки на серийное производство.

Область применения: повседневное использование. Активирование функции устройства в случае экстренной ситуации.

Экономическая значимость работы заключается в освоении развивающегося сегмента рынка микроминиатюрных портативных устройств, а также в обеспечении индивидуальной безопасности пользователя устройства NIMB.

В будущем планируется разработка второй итерации устройства на основе рекомендаций, полученных в результате первой итерации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	16
1 Постановка задачи.....	19
1.1 Актуальность	19
1.2 Техническое задание.....	22
2 Разработка поведенческой стратегии.....	25
2.1 Функционал устройства	25
2.2 Эксплуатация устройства.....	26
3 Обзор аналогов	28
4 Программы трехмерного моделирования.....	33
4.1 Основы трехмерного моделирования	33
4.1.1 Используемые виды моделирования.	34
4.1.2 Использование визуализации	37
4.2 Выбор и обоснование программного обеспечения	39
5 Первичное проектирование устройства.....	44
5.1 Разработка габаритных моделей устройства.....	44
5.2 Первичное проектирование внешнего вида устройства	46
5.3 Первичная компоновка устройства.....	47
6 Разработка внешнего вида.....	50
6.1 Формообразование	50
6.1.1 Эргономика и функциональность	50
6.1.2 Проработка формы устройства.....	54
6.2 Детальное проектирование внешнего вида устройства	55
7 Компоновка и конструктив	61
7.1 Детальная компоновка устройства.....	61

7.2	Проектирование конструктива устройства	66
7.2.1	Разработка составных элементов корпуса устройства.....	66
7.2.2	Разработка внутренней геометрии	70
7.3	Унификация устройства	77
8	Материалы и производственные решения	80
8.1	Критерии подбора материалов	81
8.1.1	Механические свойства.....	82
8.1.2	Физические и химические свойства.....	84
8.1.3	Технологические и эксплуатационные свойства.....	85
8.2	Выбор и обоснование материалов.....	86
8.3	Выбор и обоснование технологии производства.....	90
9	Производство опытных образцов	92
9.1	Технология производства.....	92
9.2	Материал	94
9.3	Производство деталей корпуса.....	96
9.4	Покраска деталей корпуса.....	98
9.5	Сборка устройства	100
10	Испытания и рекомендации для следующей итерации.....	101
11	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	104
11.1	Организация и планирование работ	104
11.1.1	Продолжительность этапов работ	104
11.1.2	Расчет накопления готовности проекта.....	108
11.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	110
11.3	Расчет прибыли	115

11.4 Оценка экономической эффективности разработки	115
11.5 Оценка научно-технического уровня НИР.....	115
12 Социальная ответственность.....	119
12.1 Описание рабочего места	119
12.2 Вредные и опасные факторы производственной среды	119
12.3 Техника безопасности.....	121
12.4 Инструкция по технике безопасности	127
Заключение	129
Список использованных источников	132
Приложение А	137
Приложение Б.....	157
Приложение В	158
Приложение Г	159
Приложение Д	160
Приложение Е.....	161
Приложение Ж.....	162
Приложение З.....	163
Приложение И	164

ВВЕДЕНИЕ

Стремление к эстетическому совершенствованию окружающих предметов стало популярным с развитием научно-технической деятельности человека. Сравнительно недавно при проектировании изделий больше внимания уделялось практическим и функциональным особенностям продукта, а эстетические характеристики уходили на второй план. Сейчас же осознание важности последних приобретает все большее значение [1].

Из множества направлений промышленного дизайна электронные устройства требуют особого подхода, ввиду тесной взаимосвязи дизайн-проектирования с внутренними электронно-техническими компонентами. Для структуризации процесса проектирования разработку всего устройства было решено осуществлять методом итераций (перевод с англ. iteration – повтор). Итерация подразумевает поэтапное разработку устройства и, как правило, подчиняется циклу Деминга, который состоит из фаз планирования, реализации, проверки и конечной оценки. С каждой последующей итерацией корректируются недочеты предыдущей, добавляются либо убираются некоторые функции, перерабатывается и оптимизируется компонентная база, дизайн и конструкция [2]. Зачастую устройство с последующей итерацией может иметь другой функционал и даже назначение, что нередко приводит к изменению дизайна. Это обусловлено множеством технологических, экономических и организационных факторов. Таким образом, постепенно достигается необходимый результат в проектировании устройства включая его формообразование.

Промышленный дизайн электронных устройств включает в себя знания из технических и естественных наук, которые в совокупности нацелены на разработку функционального продукта в соответствии с предпочтениями пользователя. [3] Поэтому, если промышленный дизайнер разработал форму устройства, не обладая достаточными знаниями в этих областях, то с точки зрения технического специалиста дизайн может выглядеть неправдоподобно

и может усложнять процесс проектирования инженерных аспектов. [4] Объяснения дизайнера техническому специалисту о важности определенных форм могут игнорироваться с одной стороны также, как и требования по переработке дизайна от технического специалиста дизайнеру. В дополнение к этому, различные инструменты, термины и стили работы этих специалистов часто мешают пониманию, признанию и эффективному сотрудничеству между ними. [5][6]

Разработка дизайна электронных устройств — это сложное направление промышленного дизайна, которое оптимизирует функции, стоимость конечной продукции и внешний вид в рамках общих интересов потребителя и производителя. [7]

Цель диссертационной работы заключается в разработке первой итерации дизайна и конструкторского исполнения микроминиатюрного портативного устройства NIMB-R100. Разработка должна осуществляться с учетом изготовления корпуса технологией 3D печати, как одной из самых быстрых и качественных способов изготовления прототипов.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Постановка задачи;
2. Подбор и изучение материалов по тематике;
3. Разработка поведенческой стратегии;
4. Поиск и обзор аналогов;
5. Первичное проектирование;
6. Разработка внешнего вида;
7. Детальная компоновка и конструкторское исполнение;
8. Выбор и обоснование материалов, производственных решений;
9. Производство опытных образцов;
10. Испытания и рекомендации для следующей итерации.

Работы по разработке устройства проводились в компании ООО «INTEC».

Направление подготовки «промышленный дизайн» на сегодняшний момент только набирает обороты в России. [8] Поэтому не так много устоявшихся компаний с точно сформированной деятельностью по данному направлению. ООО «INTEC», будучи научно-исследовательской и опытно-конструкторской компанией (R&D), занимается реализацией полного цикла исполнения различных технических проектов от проработки идеи до серийного производства. В этот процесс компания включает услуги промышленного дизайна с видимым уклоном в техническую сторону.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1 Актуальность

Развитие человеческой цивилизации основано на уровне развития техники. Техника развивается постепенно путем эволюции, совершенствования, чередующимися революционными и скачкообразными переходами к качественно новым видам техники. На рубеже XXI века общая закономерность развития выражается в миниатюризации. [9]

Миниатюризация – это направление в разработке устройств с уменьшением габаритных размеров и массой, которое достигается с помощью миниатюрных элементов и технологий более плотного монтажа. [10] Миниатюризация достигается с одновременным повышением надежности и уровня автоматизации процессов проектирования и производства. [11] Данное направление особенно выражено в носимой электронике.

Носимая электроника, носимое устройство или носимый компьютер (перевод с англ. – wearable devices, wearable computers, wearables) – это особый вид переносной техники, предназначенный для использования в качестве одежды или аксессуара. [12] Такие предметы гардероба имеют дополнительные качества, позволяющие применять их еще и как технические устройства. Носимая электроника обладает некоторой вычислительной мощностью и часто имеет один или несколько датчиков, встроенные в корпус по внешнему виду напоминающие часы, очки, одежду, контактные линзы и даже ювелирные изделия. [13]

В 1999 году аналитики прогнозировали, что некоторая форма носимых компьютеров получит широкое распространение в ближайшие несколько лет. Однако, не было единого мнения о форме этих устройств и их функциональных возможностях. [14]

На сегодняшний день существует множество видов носимой электроники. Количество форм-факторов до такой степени обширно, что уже сейчас можно найти носимое устройство практически для любой части тела,

начиная от головы и заканчивая ступнями. [15] Популярность носимых устройств только растет, так 2014 год был объявлен Forbes как «The Year of Wearable Technology» (перевод с англ. – «год носимых технологий»). [16]

Согласно исследованию, проведенному в 2014 году компанией «PSFK» совместно с «Intel», в 2016 году разработка носимых устройств будет ориентирована на сферу ювелирных изделий, очков и одежды. В 2017 году появятся более сложные устройства в форм-факторе ювелирных изделий и одежды, а также появятся первые устройства, встраиваемые в человека. 2018 год будет ориентирован в большей степени на развитие носимых устройств, встраиваемых в человека. [17]

Рынок носимых устройств с течением времени будет только развиваться, хоть и возможности роста разных секторов разительно отличаются. Со значения около 600 миллионов долларов в 2013 году он лишь ускоряется. К 2014 году достиг более 4 миллиардов долларов, к 2017 году ожидается рост, превышающий 14 миллиардов долларов, а затем должен вырасти в два раза к 2020 году до 30 миллиардов долларов. Такой резкий рост объясняется появлением новых игроков на рынке, ранее не занимавшихся производством такого ряда устройств. На рисунке 1.1 изображен график глобальной выручки от носимых устройств в период с 2014 до 2020 гг. [18]

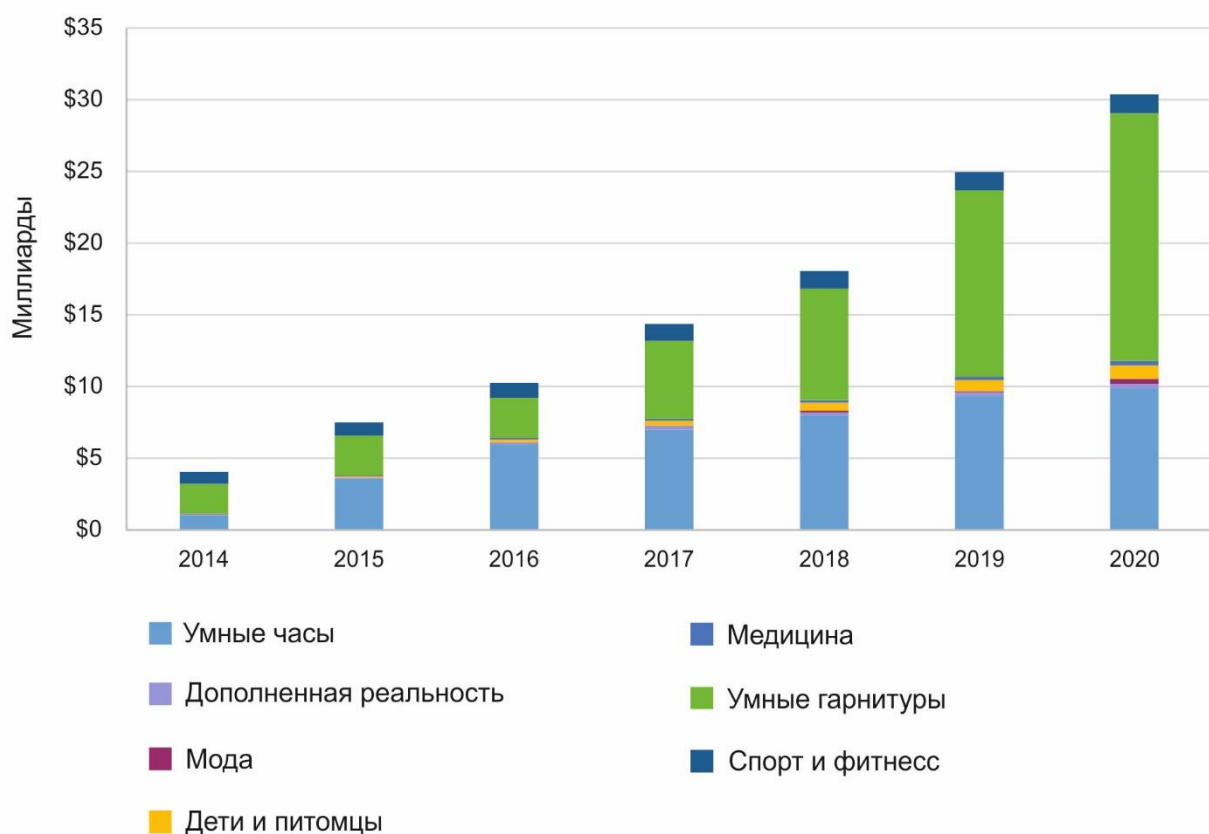


Рисунок 1.1. Глобальная выручка от носимых устройств.

Как видно из вышеприведенного графика развитие каждой отдельной категории носимых устройств со временем только растет.

Устройство NIMB-R100 является новым видом носимой электроники, которая, в силу своего форм-фактора, должна обладать минимальными эргономичными размерами.

1.2 Техническое задание

Главным документом для постановки задачи является техническое задание.

Техническое задание (ТЗ) – исходный документ, опираясь от которого разрабатывается дизайн, компоновка и конструкторское исполнение устройства. ТЗ составляется на основе исходных требований заказчика, результатов экономических исследований, анализа передовых достижений технического уровня отечественной и зарубежной техники.

ТЗ содержит основные технические требования, предъявляемые к устройству, и исходные данные для разработки. Типовое ТЗ содержит в себе информацию о назначении объекта, области применения, этапах разработки и составе конструкторской документации, сроках исполнения, особых требованиях, обусловленных спецификой самого устройства либо условиями его эксплуатации. Как правило, ТЗ составляется на основе анализа результатов предварительных исследований, расчётов и моделирования.

Ниже представлено техническое задание на дизайн-проектирование промышленного изделия NIMB-R100 (Далее Устройство).

1. Общие положения

1.1. Целевая аудитория

1.1.1. Молодежь от 15 до 28 лет.

1.1.2. Ядро целевой аудитории – молодые девушки школьного и студенческого возраста.

1.2. Эксплуатационные особенности

1.2.1. Устройство применяется пользователем в условиях экстренной ситуации путем срабатывания тревожной кнопки.

1.2.2. Диапазон рабочей температуры: -40° — $+55^{\circ}$ С.

1.2.3. Максимальная влажность: до 95%.

1.2.4. Класс защиты: IP54.

1.3. Перечень изделий

1.3.1. Микроминиатюрное портативное устройство для массового потребления NIMB-R100.

1.4. Предполагаемые размеры устройства:

Внешний диаметр Устройства – 30 мм

Внутренний диаметр Устройства – 20 мм

Ширина Устройства – 18 мм

Толщина Устройства – 5 мм

Наименования размеров приведены на рисунке 1.2.

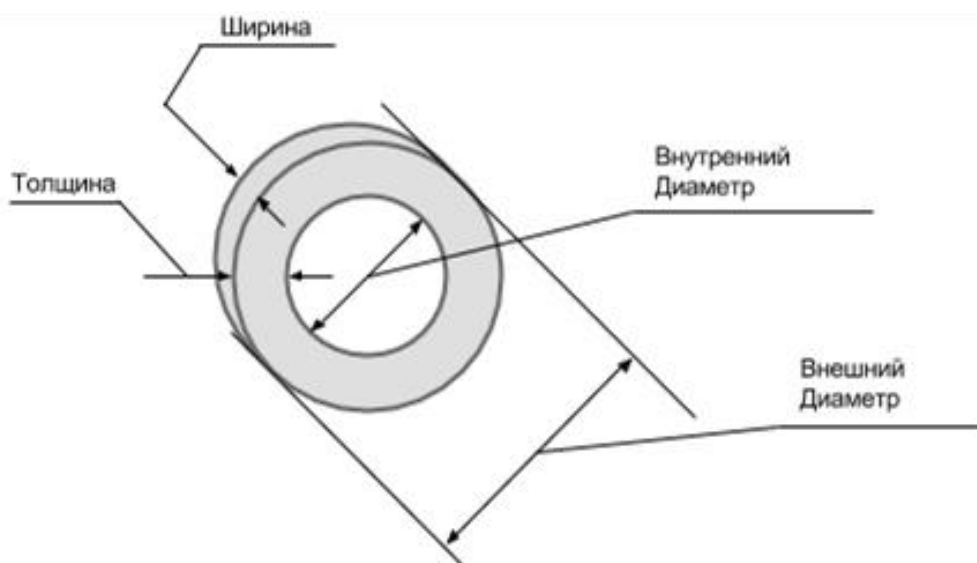


Рисунок 1.2. Наименования размеров устройства.

1.5. Первичные требования к Устройству

1.5.1. Размеры устройства должны быть минимальны относительно габаритов компонентов устройства, которые предполагается разместить в его корпусе.

1.5.2. Должно иметь кнопку, а также светодиодную и тактильную индикацию.

1.5.3. Модельный ряд устройства различается между собой внутренним диаметром окружности, который начинается от 15 и заканчивается 21 мм (с шагом в 0.5 мм – всего 12 размеров).

2. Технологические и производственные особенности

2.1. Наличие электронно-технических компонентов, которые должны полностью уместиться в корпус устройства.

- 2.2. Корпус устройства должен быть из радиопрозрачного материала для возможности распространения электромагнитных волн.
- 2.3. Печатная плата должна быть гибкой, чтобы уместиться внутри устройства со всеми необходимыми электронными элементами.
- 2.4. Производство устройства будет осуществляться технологией фрезеровки, либо литьем под давлением.
- 2.5. Печатная плата устройства должна быть надежно закреплена во внутреннем объеме.
- 2.6. Светодиодная индикация и кнопка должны быть выведены на наружную поверхность устройства.
- 2.7. Способы разделения корпуса на составные части, а также подробные методы их крепления и позиционирования электронно-технических компонентов определяются в ходе разработки конструкторского исполнения устройства.
- 2.8. Сборка Устройства – одноразовая.

2 РАЗРАБОТКА ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ

2.1 Функционал устройства

Главной функцией устройства является возможность запуска команды по отправке тревожного сигнала посредством встроенного Bluetooth-модуля на мобильное устройство пользователя, находящееся в радиусе действия прибора.

После принятия тревожного сигнала мобильное устройство пользователя по доступному каналу связи отправляет координаты местонахождения владельца, информацию о событиях и техническом состоянии устройства на специализированный CLOUD сервер. С данного CLOUD сервера информация может передаваться в соответствии с пожеланиями пользователя, устанавливаемыми в ПО Мобильного устройства пользователя.

Сигнал тревоги отправляется в следующих вариантах:

- 1) Путем голосового, текстового сообщения, либо специализированным программным интерфейсом оператору службы экстренного реагирования (112, 911 либо иной локальной службе экстренного реагирования);
- 2) Текстовым или голосовым сообщением на дополнительно указанные в анкете доверенные номера пользователя. При этом возможны повторные попытки отправки сигнала, если доверенное лицо не подтверждает получение сигнала;
- 3) Текстовым сообщением или push-уведомлением в приложение пользователям системы, находящимся на некотором расстоянии от посылающего сигнала абонента; сотрудниками обслуживающей компании для последующего анализа и принятия мер по оказанию помощи.

2.2 Эксплуатация устройства

Промышленный дизайнер, используя творческий подход в процессе дизайн-проектирования, создает не просто продукт, но и его эксплуатационные особенности. Этот факт в дальнейшем получил название «дизайн-мышление», идея которого заключается в использовании процесса дизайн-проектирования, как способа анализа и разработки инноваций во множестве промышленных направлений. Например, промышленный дизайнер может создать не только высокотехнологичное медицинское оборудование, но и его принцип использования, исследовав особенности эксплуатации и взаимодействия персонала с пациентом. [19]

NIMB-R100 это носимое на пальце устройство в форм-факторе кольца. В условиях эксплуатации в безопасной (не тревожной) среде устройство находится в режиме ожидания и носится на пальце, как аксессуар. В таком режиме оно может проработать пару недель после чего сообщит о необходимости зарядки с помощью тактильной и визуальной индикации.

Чтобы зарядить устройство его необходимо разместить на док-станции, которая в свою очередь подключена к сети 220В. Док-станция обладает специальным посадочным местом, которое позволяет расположить на нем устройство NIMB-R100 надежно без специальных защелкивающихся элементов. Таким образом позиционирование устройства на док-станцию не требует особой концентрации и осуществляется максимально быстро.

В случае экстренной ситуации, когда пользователь чувствует тревогу и возможную агрессию по отношению к себе, он запускает устройство посредством нажатия на кнопку, после чего оно переходит в режим тревоги. В этом режиме оно собирает всю необходимую информацию, связанную с местоположением и отправляет уведомления согласно настройкам, ранее выполненным в приложении. По умолчанию уведомления отправляются близким людям, экстренным службам и полиции. Запуск устройства осуществляется незаметно от агрессора, что обусловлено форм-фактором –

кольцо. Это позволяет дотянуться до кнопки пальцем той же руки, на которую надето устройство.

Эксплуатация устройства возможна в любой сезон года, что обусловлено диапазоном рабочих температур от -40° до $+55^{\circ}\text{C}$ и максимальной влажностью 95%, а класс защиты IP54 позволяет носить устройство под дождем. Благодаря тому, что кнопка обладает достаточным ходом и силой нажатия, запуск устройства различим в перчатках.

Описанный выше тип устройств на мировом рынке появился относительно недавно и имеет неофициальную категорию «умные кольца». Первые варианты таких устройств появились в конце 2013 года, когда молодая компания из Индии представил в «Indiegogo» концепт «умного» кольца «Smarty Ring». Согласно описанию устройство, посредством установленного на нем светодиодного дисплея, способно отображать время и уведомления с мобильного телефона, который работает на операционной системе «Android» или «iOS». Устройство также имеет функции секундомера и таймера. Кольцо обладает тремя кнопками, с помощью которых можно управлять мобильным телефоном, а именно: отвечать или отклонять звонки, звонить на заранее запрограммированные номера, управлять музыкальным плеером и запускать приложение камеры. Устройство работает вместе с установленным на мобильный телефон программным обеспечением. [20]

3 ОБЗОР АНАЛОГОВ

1. «OURA».

По заявлению производителя кольцо «Oura» способно оптимизировать физическую и умственную работоспособность, может улучшить качество сна и помочь отрегулировать повседневную физическую активность. [21] Все это возможно благодаря наличию акселерометра, датчика сердцебиения и температуры тела. Кольцо в паре с телефоном и установленным на нем программным обеспечением, осуществляет сбор всех необходимых данных, анализирует их и выдает рекомендации. Внешний вид кольца изображен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1. Кольцо «Oura»

Кольцо обладает корпусом, стойким к царапинам, эргономичной симметричной формы из натурального материала – циркония. Внутренняя часть кольца, которая соприкасается с пальцем, выполнена из гипоаллергенного медицинского силикона, что обеспечивает постоянный доступ к сигналам тела.

Устройство доступно в 3 цветовых решениях – гляцевый белый, гляцевый черный и матовый черный, а также в 8 вариантах размера, разделенных по американскому стандарту от US6 до US13, что составляет примерно 17-23 мм.

Конструкция корпуса устройства состоит из цельной внешней детали, в которую установлены все внутренние электронно-технические компоненты, и внутренней детали – втулки, закрывающей кольцо (Рисунок 3.2).

Стоимость кольца – от \$279 и более (на 20.02.2016)



Рисунок 3.2. Внутренние компоненты кольца «Oura».

2. «ZERO».

Кольцо «ZERO» предназначено для управления функциями мобильного телефона. [22] Для этого необходимо установить на телефон специальное программное обеспечение, которое дает возможность настройки управления. Управление телефоном осуществляется посредством изображения кольцом в воздухе различных фигур. Каждая фигура относится к определенным функциям телефона (запуск музыки, запуск приложения фотографирования, галереи и т.д.) (Рисунок 3.3).

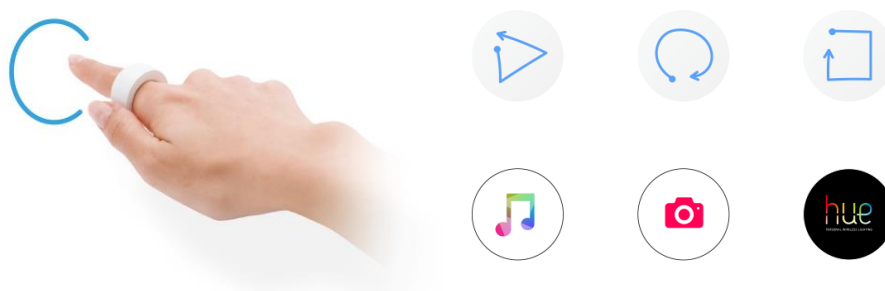


Рисунок 3.3. Принцип работы кольца «Zero».

Кольцо доступно в двух цветах – белый и черный, а также в трех размерах – маленький (19 мм), средний (20.6 мм) и большой (22.2 мм). Корпус выполнен полностью из пластика с практичной матовой поверхностью

(Рисунок 3.4). Устройство имеет в своей конструкции вибросигнал и световой индикатор.



Рисунок 3.4. Кольцо «Zero».

Корпус кольца состоит из двух основных частей – внешней и внутренней (втулка). Можно предположить, что при сборке вся электронно-техническая составляющая размещается на втулке и затем закрывается внешней деталью.

Устройство имеет простейшую форму «шайба» с отверстием для пальца. Такое решение является наиболее технологичным, а значит - удобным в производстве. Кнопка выделена за счет формы, материала и цветового решения. Светодиод установлен возле кнопки для проверки работоспособности кольца в случае необходимости.

Стоимость устройства - от \$149.99 (на 20.02.2016).

3. «Ringly».

Кольцо уведомляет пользователя о полученных на телефон сообщениях, письмах, напоминаниях и прочих входящих данных. [23]

Размерный ряд составляет от 5 до 9 по американскому стандарту, т.е. от 15.7 мм до 18.9 мм соответственно.

Конструктивный аспект устройства неизвестен. Предположительно корпус состоит из двух деталей, где первая – это основная деталь с шинкой и основанием верхушки, а вторая деталь – декоративный элемент. Электронно-технические компоненты, вероятно, устанавливаются в основании верхушки и затем закрываются декоративным элементом.

Главным отличием «Ringly» является его дизайн (Рисунок 3.5), идеология которого основана на внешнем виде бижутерии. Однако из-за этого

решения электронно-технические компоненты устройства сконцентрированы лишь в верхушке, что существенно увеличило толщину последнего.

Стоимость кольца - от \$195.00 (на 20.02.2016).



Рисунок 3.5. Кольцо «Ringly».

4. «Mota».

Кольцо «Mota» имеет аналогичную функциональную идею, что и кольцо «Ringly», однако при этом обладает расширенными возможностями. В частности, у устройства имеется экран, на котором видно от какого приложения пришло уведомление. Также экран способен отображать входящие текстовые сообщения бегущей строкой. [24]

Размерный ряд, окончательные цветовые решения, конструктивный аспект и ценовая политика неизвестны.

Форма кольца выглядит достаточно массивной, вероятно, ввиду наличия экрана, который занимает всю верхнюю часть кольца вместе с печатной платой (Рисунок 3.6). Нижнее утолщение устройства, скорее всего, предназначено для размещения аккумулятора. Для удобства ношения кольцо имеет узкую шинку слева и справа, что позволит пользователю смыкать пальцы и чувствовать себя комфортно.



Рисунок 3.6. Кольцо «Mota».

5. «NFC Ring».

Кольцо, имеющее NFC модуль, предназначено для использования его для разблокировки различной электроники (мобильного телефона, планшета и т.д.) и дверей в системах «умный дом». С помощью кольца «NFC Ring» можно передавать посредством NFC протокола различную информацию: пароль от Wi-Fi сети, ссылки на сайты, контактная информация и прочие данные. [25]

Кольцо доступно в 6 цветовых решениях, а также в нескольких размерах, реализованных по всему американскому стандартному размерному ряду начиная от 4.5 и заканчивая 16.

Дизайн устройства имеет классическую форму кольца со спорным декоративным элементом в виде параллелепипеда (Рисунок 3.7). Такое решение не является удачным из-за выбранного узора и цветового решения. Наилучшим вариантом было бы избавиться от любых декоративных элементов и полностью следовать идеологии классических обручальных колец.

Конструктивное решение устройства неизвестно.

Стоимость - от £29.99 (на 20.02.2016).



Рисунок. 3.7. Кольцо «NFC Ring».

4 ПРОГРАММЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

4.1 Основы трехмерного моделирования

Бурное развитие цифровых технологий и программного обеспечения в XXI веке привело к существованию множества программ трехмерного моделирования и визуализации объемных объектов. Эти программы отличаются друг от друга применяемыми в них математическими алгоритмами, интерфейсом, инструментами построения и общим подходом к созданию объемных объектов. Все они призваны ускорить процесс проектирования и расширить технические и графические возможности дизайнера, облегчить графическое оформление и освободить время для творческого поиска, а также позволить увидеть объект в объеме с параметрами, приближенными к реальности. Другими словами, объемное моделирование осуществляет цифровое воспроизведение, анализ и проверку идей конструкторов и дизайнеров без необходимости реализации физической формы, что существенно экономит время, финансовые, материальные и человеческие ресурсы, обеспечивает точную проектно-техническую документацию и гибкость процесса проектирования в целом. [26]

Направление трехмерного моделирования и визуализации активно развивается и сейчас возможности современных программ моделирования позволяют реализовать практически любые идеи дизайнера. Через эти программы проходит практически любое новое изделие. [27]

Применение новейших программных решений и технологий для трехмерного моделирования, а также использование безопасных материалов при изготовлении прототипа с недавнего времени становится широко обсуждаемой темой в специализированном образовании и производственных предприятиях. Интерес обусловлен возможностью разработки в различных программных решениях таких, как *Inventor (Autodesk)*, *3ds Max (Autodesk)*, *Catia (Dassault Systems)*, *Rhinoceros 3D (Robert McNeel & Associates)*, *Alias*

(Autodesk), объемных моделей с последующим их анализом, проведением над ними предварительных испытаний и т.д. [28]

Технологии быстрого прототипирования позволяют получить макет с достаточно сложными конфигурациями, при этом процесс его производства является безопасным за счет использования безвредных материалов, которые поставляются в герметичных картриджах. Полученный макет (прототип) позволяет проанализировать разрабатываемый продукт со стороны эксплуатационно-технологических характеристик, прочности и надежности. [28]

В моделировании объектов и сцен с фотореалистичным видом работа с трехмерным проектом имеет пять последовательных этапов, которые позволяют на выходе получить готовый продукт [29]:

- 1) Моделирование – построение формы объектов.
- 2) Текстурирование – настройка свойств поверхностей и объектов в целях имитации структуры и свойств реальных материалов.
- 3) Освещение – размещение и настройка источников света.
- 4) Анимация – создание движения объекта по ключевым кадрам.
- 5) Визуализация – настройка конечного изображения либо анимации.

Результатом вышеописанных этапов является фотореалистичная картинка объекта моделирования, которая может быть использована для его демонстрации. Также в результате моделирования получают чертежи и трехмерные модели для производства опытных образцов.

4.1.1 Используемые виды моделирования.

Перед выбором программ трехмерного моделирования необходимо выяснить, какие математические модели проектирования в большей степени будут использоваться в рамках магистерской диссертации.

Процесс моделирования начинается с продумывания стратегии проектирования. Выясняется, каким именно образом следует проектировать придуманный, либо реальный объект в компьютерную модель. Рациональное

проектирование объектов зависит от внимательного наблюдения и изучения окружающего мира с учетом возможности воссоздания изделия в виде объемной модели. Наблюдение необходимо осуществлять с позиции художника, инженера, скульптора или архитектора, при этом исследовать объекты относительно того, как они создавались. Из объектов сложной формы нужно уметь выделять простые элементы, которые намного проще моделировать. Все вышеописанное позволит проектировать качественные и сложные изделия в сценах виртуального мира. [29]

Существует несколько математических видов моделирования, которые в разной степени доступны в программах трехмерного проектирования:

- 1) Моделирование с помощью простейших параметрических форм (примитивы – кубы, сферы, пирамиды и т.д.). При визуализации эти объекты преобразуются в полигоны (многоугольники, которые в совокупности образуют сетку модели), однако получаемая впоследствии поверхность выглядит гладкой, ввиду особых алгоритмов просчета. Данный метод практически всегда доступен в программах полигонального и поверхностного моделирования.
- 2) Моделирование с помощью булевых операций, т.е. операции вычитания, объединения и пересечения тел. Этот метод доступен практически во всех программах трехмерного моделирования.
- 3) Полигональное моделирование (редактируемая сетка), как понятно из названия, доступна в программах полигонального моделирования и представляет собой проектирование объектов из множества многоугольных поверхностей, которые сглажены специальным алгоритмом просчета. Полигональное моделирование основывается на оперировании так называемыми вершинами, ребрами и гранями объекта, где грани (*Polygon*) – это плоскости, образующие многогранник; ребра (*Edges*) – это линии пересечения граней; вершины (*Vertex*) – это точки пересечения ребер. Данный метод позволяет проектировать объекты абсолютно любых форм без

ограничений, будь то рубленые, либо органические формы. Поэтому не обладает возможностью иметь точные значения размеров.

- 4) Моделирование с помощью сечений. Данный способ основан на соединении сечений и различных двумерных, плоских форм между собой, где соединение может происходить по различной траектории. Другими словами, метод основан на использовании плоскостей с созданными на них 2D-эскизами любой формы. Впоследствии над эскизами выполняются операции выдавливания, вращения, натягивания по сечениям и натягивания по траектории. Такой метод моделирования широко применяется в программах твердотельного и поверхностного моделирования. Преимуществом по сравнению с полигональным методом моделирования является возможность вводить точные численные значения размеров при проектировании объекта. Таким образом, на выходе объект имеет точные размеры почти во всех его частях тела начиная от длин отдельных его элементов и заканчивая радиусами скругления и расстоянием вершин в созданных при проектировании 2D-эскизах. Из минусов стоит отметить менее богатые возможности в проектировании сложных органических форм.
- 5) Лоскутное моделирование и *NURBS*-кривые – метод моделирования основанный на гладких кривых, которые изменяются с помощью контрольных точек. Отличием *NURBS*-кривых от лоскутов является возможность в первом воздействовать на любую область поверхности с помощью управляющих вершин, создавая, таким образом, наиболее плавные поверхности. Этот метод моделирования широко используется в программах поверхностного моделирования.
- 6) Сплайновое моделирование, которое основано на своеобразном каркасе из отрезков, на основе которого формируется поверхность. Этот метод также используется в программах поверхностного моделирования.

На начальных этапах дизайн-проектирования объекта во время этапа поиска формы стоит необходимость гибко изменять его внешний вид. Для этих целей отлично подходит метод полигонального моделирования, позволяющий практически в любой момент изменить форму, потянув за вершины полигональной сетки либо наложив специальные алгоритмы просчета. Когда же стоит необходимость проектировать форму с точными значениями, например, для проектирования конструкции, позиционирования и размещения электронно-технических и иных элементов, необходимо использовать возможности моделирования с помощью сечений и булевых операций.

4.1.2 Использование визуализации

Визуализация позволяет красиво и эффектно подать объект моделирования. Качественно сделанная визуализация способна полностью заменить фотографию, что значительно упрощает и удешевляет подачу объекта для заказчика.

В рамках магистерской диссертации визуализация необходима для демонстрации вариантов дизайна кольца с акцентированием внимания на нужные участки объекта. Акцентирование осуществляется за счет ракурса, падающего света и текстурирования.

Свет помогает различать нам окружающие объекты. Лучи света, которые исходят от разного рода источников освещения, начиная от солнца и заканчивая искусственными источниками света, многократно преломляются и отражаются от разных поверхностей, что в итоге дает нам картину окружающего мира [30].

Для имитации освещения будем пользоваться готовыми HDRI-картами с заранее расположенными на них источниками освещения. В условиях, когда работа должна быть выполнена качественно и в кратчайшие сроки, такое решение позволит не тратить на настройку освещения длительное время, при этом обеспечив достаточно качественное освещение объекта.

Объекты, которые созданы в трехмерном пространстве, на этапе моделирования обладают только формой, и чтобы объект выглядел достаточно реалистично, необходимо настроить и имитировать вид реальных материалов, другими словами нужно наложить на поверхность текстуру [30]. Имитация доступна практически по всем типам материалов – дерево, металл, пластик, резина, стекло и т.д. Для этих целей в программе имеются специальные редакторы, в которых есть наборы готовых материалов, либо настройки, позволяющие создать новый материал [29].

Качество отображения текстуры тесно зависит от цвета – одного из элементарных свойств материала, который может быть основным параметром, определяющим покрытие объекта, влияние фонового освещения, степень отражения, выделения наиболее блестящих участков поверхности объекта и т.д. Также на качество текстуры влияют настройки его расположения на поверхности, а именно координаты проецирования текстуры (*UVW Map*).

Текстурирование занимает длительное время в том случае, если материал создается с нуля, либо настраивается из простых текстурных изображений. Для ускорения этой работы рациональнее пользоваться готовыми бесшовными текстурами, которые не требуют особой настройки в проецировании. В этом случае настройка других характеристик, таких как рельефность, отражение и преломление, также осуществляется быстрее.

В результате правильной настройки освещения в HDRI-картах, бесшовных текстур и материалов возможно в кратчайшие сроки добиться потрясающих результатов в визуальном восприятии проектируемого объекта [29].

Для достижения большей реалистичности визуализации используются два основных метода просчета освещения и его взаимодействия с материалами – это трассировка лучей (*Ray Tracing*) и метод фотонных карт.

Трассировка лучей – это метод построения реалистичных изображений, где при построении изображения луч направляется по заданной траектории в определенное место и оценивает приходящую отсюда световую энергию. Эта

энергия определяется степенью освещенности первой поверхности, встретившейся на пути луча. [29]

Трассировка лучей позволяет достичь неплохих результатов при расчете отражения и преломления. Однако существуют несколько факторов, которые реализуются плохо, либо не реализуются вовсе. Например, эффекты рассеивающего отражения, при котором свет, упав на поверхность с определенным цветом, отражаясь и попадая на другую поверхность, проецирует на него часть цвета предыдущей поверхности; а также эффекты сфокусированного света (блики от воды и пр.)

Метод фотонных карт – расширенный метод трассировки лучей, который предлагает решения для вышеописанных проблем за счет использования фотонных карт, которые способны эффективно стимулировать все типы прямого и непрямого освещения и способен учитывать влияние среды, где распространяется свет. [29]

Метод фотонных карт значительно увеличивает время просчета сцены и исходя из сжатых сроков по выдаче готового результата по соотношению качество-скорость больше подходит простой метод трассировки лучей. Метод же фотонных карт необходимо использовать лишь для получения изображений готовой продукции.

4.2 Выбор и обоснование программного обеспечения

Программы трехмерного проектирования принято разделять на два вида отличающихся принципом построения объектов [31]:

- 1) Поверхностное моделирование – базовым элементом являются поверхности, которые создаются и модифицируются, описывая отдельные элементы моделируемого объекта. Поверхности обрезаются по линиям пересечения, сопрягаются друг с другом с помощью других поверхностей и т.д. Из полученных поверхностей собирают цельную оболочку. В результате поверхностного моделирования спроектированный объект не обязательно должен

быть замкнутым. Объект может отражать лишь главную часть моделируемого объекта.

Поверхностное моделирование позволяет проектировать объекты сложных форм, поэтому применяется при проектировании кузовов автомобилей, самолетов и т.д.

- 2) Твердотельное моделирование – базовым элементом являются различные по форме оболочки, а не отдельные поверхности. Оболочки описывают поверхности проектируемых объектов, где есть четкое разделение внутреннего объема от остальной части пространства. При твердотельном моделировании процесс построения оболочки объекта происходит по этапам процесса изготовления моделируемого объекта, т.е. начинается с создания некоторой заготовки простой формы и далее продолжается изменением этой заготовки различными инструментами такими, как: булевы операции, операции над ребрами, построения ребер жесткости и т.д. В результате этих действий заготовка принимает требуемую форму.

Оба принципа хоть и отличаются технологией создания объектов, но также имеют много общего, где в разной последовательности выполняются похожие действия.

Внизу приведены несколько популярных программ для поверхностного моделирования:

- 1) *Autodesk 3ds Max* – универсальный программный продукт для трехмерного моделирования, анимации и визуализации от американской компании *Autodesk*. Пользуется успехом практически во всех областях 3D моделирования. Обладает мощными и гибкими инструментами по созданию трехмерных объектов, удобным редактором материалов, хорошие возможности работы со светом и визуализацией в целом. Программа имеет возможность *NURBS*-моделирования. [32]

Autodesk 3ds Max обладает следующими возможностями [33]:

- Моделирование объемных геометрических форм – от простых (квадрат, пирамида, сфера и т.д.) до сложных (животные, деревья, ландшафты, здания и т.д.);
- Имитация физических особенностей материалов – шероховатость, блеск, прозрачность и т.д., а также таких явлений, как: преломление лучей, зеркальное отражение, различные природные явления (дым, туман, снег, пламя и т.д.);
- Различные способы моделирования передвижением объектов и их свойств, что в совокупности позволяет создать реалистичное поведение в пространстве;
- Моделирование свойств динамики движущихся объектов с учетом физики (сила тяжести, сила ветра, упругость и т.д.);
- Использование различных фильтров для визуализации, а также имитации свойств объективов фото-, видеокамер (глубина резкости, блики линз и т.д.).

2) *Blender* – пакет трехмерного моделирования, анимации и разработки игр. Имеет открытый исходный код, свободно распространяется и поддерживается *Blender Foundation*.

Основные возможности программы выглядят следующим образом [30]:

- Интегрированный набор программ с широким диапазоном инструментов, которые в совокупности позволяют сделать модель, визуализацию, анимацию, обработку видео и создать игру;
- Вся сцена сохраняется в единственном файле **.blend*, другими словами любые звуки, шрифты, изображения и пр. могут быть сохранены в один файл для удобного переноса;
- Небольшой размер исполнительного файла;

- Огромное количество расширений, которые написаны на языке Python;
- Портирование под множество операционных систем – *Windows*, *Mac OS*, *FreeBSD*, *Sun Solaris* и *SGI Irix*.

3) *Autodesk Maya* – программа трехмерного моделирования от компании *Autodesk*. Близкий аналог *Autodesk 3Ds Max*, однако, позиционируется в большей степени, как среда для анимирования персонажей.

Примеры популярных программ твердотельного моделирования:

1) *Autodesk Inventor* – программный пакет для промышленного и машиностроительного объемного проектирования от американской компании *Autodesk*. В состав пакета входят средства моделирования, создания инструментальной оснастки и обмена проектными данными.

Inventor позволяет свободно работать как с плоскими, так и с объемными моделями посредством параметрического твердотельного и поверхностного моделирования. Модель детали разрабатывается с помощью твердотельного моделирования, впоследствии чего обеспечивается создание моделей сборок и конструкторской документации.

Программный пакет предназначен для разработки объектов, содержащих огромное количество сборочных деталей, поэтому *Autodesk* создала метод адаптивного механизма управления данными, который позволяет проектировать в контексте сборки.

Основные возможности *Inventor* [34]:

- Создание объемных моделей изделий и рабочих чертежей;
- Создание адаптивных конструктивных элементов, деталей и узлов;
- Управление сложными изделиями, которые состоят их большого количества деталей;

- Запуск сторонних приложений, которые базируются на функциях API (интерфейс прикладного программирования)
 - Импорт таких файлов, как: *SAT*, *STEP*, *DWG* и т.д. Также возможно экспортировать файлы в форматы, читаемые *AutoCAD*, *Mechanical Desktop* и *IGES*;
- 2) SolidWorks – аналог Autodesk Inventor от компании Dassault Systems;
 - 3) CATIA – система автоматизированного проектирования (САПР), которая включает в себя инструменты объемного моделирования, подсистемы программной имитации технологических процессов, различные средства анализа и единую базу данных графической и текстовой информации. Выпускается французской фирмой Dassault Systems с 1981 года. [35];

Если раньше на рынке трехмерного проектирования доминировали такие компании, как *Autodesk* и *Dassault Systems*, то сейчас, ввиду бурного развития информационных технологий, возникают множество других компаний, выпускающих родственные программные решения. Ярким примером является бесплатная программа *Blender*, которая, обладая основными функциями *Autodesk 3ds Max*, дополнительно способна предложить возможности скульптинга, расширенные функции постобработки визуализации, что в результате может обеспечить сопоставимую с *3Ds Max* качество моделирования, визуализации и анимации.

В целях магистерской диссертации решено использовать программы Autodesk 3ds Max для разработки внешнего вида устройства, а также Autodesk Inventor для разработки компоновки внутренних элементов и для решения задач по конструкторскому исполнению, а именно, разделение устройства на составные детали, проработка сопряжений, внутренних пазов, стоек и других решений, которые позволят позиционировать необходимые компоненты устройства.

5 ПЕРВИЧНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА

5.1 Разработка габаритных моделей устройства

Перед тем, как начать проектировать внешний вид устройства, необходимо решить проблему с ориентировочными габаритными размерами устройства. Определение габаритных размеров основывается на требованиях технического задания и отталкивается от предварительно подобранной компонентной базы.

Требования к корпусу устройства описаны в пункте 1.4 технического задания.

Заказчиком предоставлена трехмерная модель ориентировочного дизайна, который представлен на рисунке 5.1.

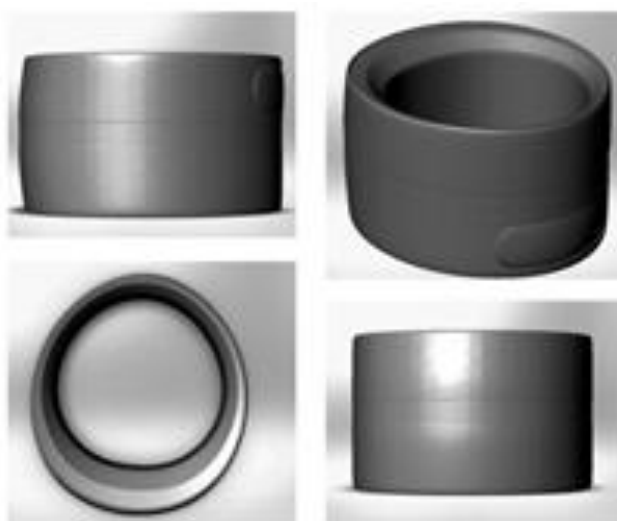


Рисунок 5.1. Ориентировочный дизайн устройства.

Основными элементами компонентной базы, которые влияют на габариты устройства и на его форму являются:

- 1) Аккумулятор – элемент, от которого в значительной степени зависит форма и размеры устройства ввиду его габаритных размеров;
- 2) Печатная плата – центральный электронный компонент обеспечивающий работу устройства с требуемым функционалом;
- 3) Орган управления (Кнопка) – высокий компонент, который должен располагаться под углом 230 градусов относительно фронтального вида устройства;

- 4) Визуальная индикация (Светодиод) – компонент, который должен располагаться на видимом месте корпуса устройства со стороны кнопки;
- 5) Тактильная индикация (Вибромотор) – второй достаточно большой компонент наряду с аккумулятором, от которого зависит форма и размер устройства.

Ориентируясь на трехмерную модель дизайна представленного заказчиком, при приблизительно подобранной электронно-технической базе, спроектированы габаритные модели устройства размером 17 (Рисунок 5.2) и 20 мм (Рисунок 5.3). Габаритные размеры указаны в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Габариты корпусов размером 17 и 20 мм.

Размер корпуса, мм	17	20
Внутренний диаметр, мм	17	20
Внешний диаметр, мм	30	34
Ширина, мм	18	18
Максимальная толщина, мм	6.4	6.4

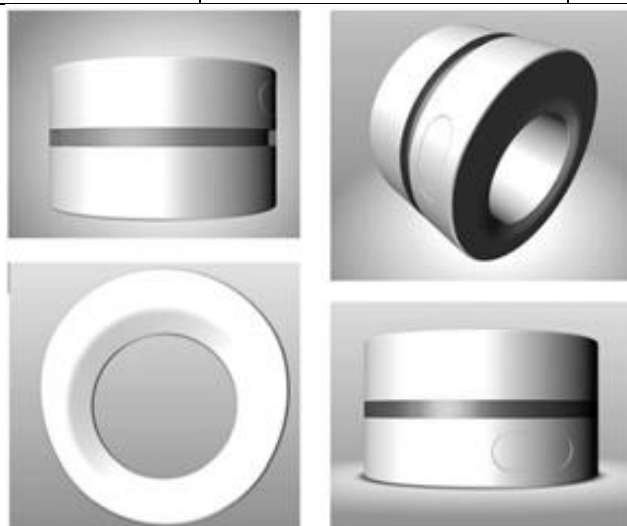


Рисунок 5.2. Модель корпуса устройства размеров 17 мм.

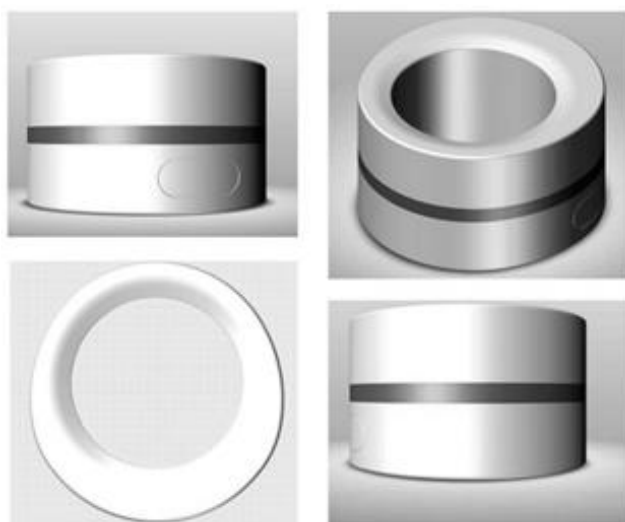


Рисунок 5.3. Модель корпуса устройства размеров 20 мм.

5.2 Первичное проектирование внешнего вида устройства

Со стороны заказчика было проведено маркетинговое исследование относительно популярных женских аксессуаров. Исследование показало, что на сегодняшний день пользуются популярностью габаритные женские аксессуары с имитацией граненных форм драгоценных камней. Исходя из результатов исследований внешний вид устройства был спроектирован по форме напоминающим декоративный граненый камень (Рисунок 5.4).

Также был разработан внешний вид модификации формы, предложенной заказчиком в соответствии с текущими требованиями и отличающийся от утвержденной компоновки устройства (Рисунок 5.5).

Разработанные формы спроектированы на базе габаритных моделей, выявленных в результате предварительно подобранной компонентной базы.

По результатам разработки заказчику высланы 12 файлов с трехмерными моделями для 3D-печати с внутренними диаметрами колец 17 и 19 мм.

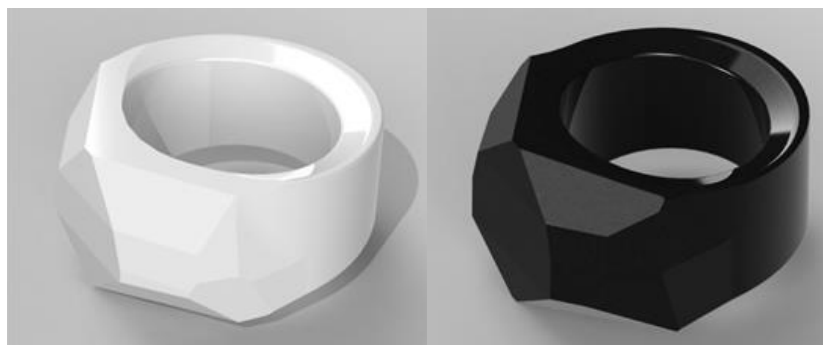


Рисунок 5.4. Форма устройства с имитацией граненого декоративного камня.



Рисунок 5.5. Форма устройства, предложенная заказчиком спроектированная основываясь на предварительно подобранной компонентной базе.

5.3 Первичная компоновка устройства

Первичная компоновка устройства осуществляется после утверждения предварительных внутренних компонентов. Обычно подбор компонентов среди прочих равных выполняется, отталкиваясь от типовых вариантов и от возможности доставки их в Россию. Нередко случается, что поставщики отказываются доставлять компоненты, либо не отвечают на запросы вовсе. В этом случае от компонентов следует отказаться и необходимо искать им замену, либо организовать доставку через партнеров. По этим причинам срок поставки переносится на более позднюю дату. Такая ситуация может задерживать общий ход работ по проекту.

При компоновке важно знать габаритные размеры и возможные особенности установки компонентов. Эта информация описывается в документации компонента, которая выпускается самим производителем и обычно доступна для ознакомления на официальном сайте. Бывают случаи, когда документация по ряду причин отсутствует. В основном причиной такой

ситуации является новизна компонента, на который еще не успели выпустить документацию. В этом случае необходимо связаться с производителем для обсуждения размеров и особенностей установки компонентов. Если же это невозможно, то от идеи использования этих компонентов следует отказаться в пользу альтернативных вариантов.

На рисунке 5.6 изображена компоновка предварительных электронно-технических элементов устройства для варианта формы проиллюстрированной на рисунке 5.4. При такой форме устройство имеет достаточно объемную верхнюю часть, куда можно разместить все габаритные компоненты – аккумулятор, вибромотор и печатную плату.

Для варианта формы изображенной на рисунке 5.5 компоновка внутренних элементов изображена на рисунке 5.7. У такой формы высота верхней части несущественно отличается от высоты нижней, но имеет чуть большую длину. Поэтому в нижней части целесообразно разместить аккумулятор дугообразной формы, а в верхней - разместить все остальные компоненты, некоторые из которых из-за длины не помещаются в нижнюю часть устройства.

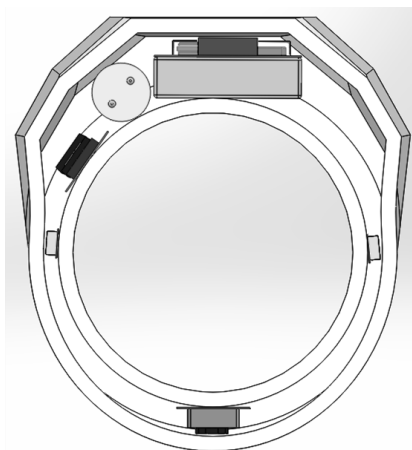


Рисунок 5.6. Компоновка устройства с граненым корпусом.



Рисунок 5.7. Компоновка устройства с гладким корпусом.

Существует вероятность, что использование аккумулятора гнутой формы не целесообразно ввиду его большой высоты. Это повлечет за собой увеличение толщины устройства в нижней части. Толщина стенок корпуса составляет около 0.75-1 мм, следовательно, для комфортного ношения устройства аккумулятор не должен превышать высоту 2 мм. Аккумуляторов с такой высотой не существует, а индивидуальный заказ на производство экономически не целесообразен. Поэтому детальная проработка формы устройства должна осуществляться в соответствии с идеей обеспечения объемной верхней части устройства для установки в ней не гнутого аккумулятора. Поэтому, сравнивая две вышеприведенные формы с их компонентами, предпочтение стоит отдать компоновке устройства с граненым корпусом (Рисунок 5.4).

6 РАЗРАБОТКА ВНЕШНЕГО ВИДА

6.1 Формообразование

Формообразование – процесс создания формы промышленного изделия в соответствии с общими ценностными установками культуры и требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функции, конструкции, используемым материалам и технологиям их обработки. [36]

При формообразовании любых технических устройств необходимо учитывать все факторы, которые, определяя их морфологию и конкретную форму, так же определяют потребительские свойства этих устройств.

Порядок изучения закономерностей формообразования технических изделий зависит от ряда значений формообразующих факторов, таких как рабочие функции, назначение и эргономические показатели изделия, которые часто имеют решающее значение при проектировании формы, ровно так же, как материалы и конструкция, которые зависят от функций предмета, его характера, его связей со средой и с человеком. Описанные выше факторы существуют в определенных социальных условиях, воздействуя на формообразование и качество конечного продукта. [37]

6.1.1 Эргономика и функциональность

Устройство NIMB-R100 имеет функцию запуска тревоги. Условиями запуска являются – скрытность, быстрота запуска одной рукой, а также необходимо продумать реализацию, которая бы исключила случайный запуск тревоги.

Ниже представлено 4 варианта реализации запуска:

- 1) Реализация кнопки с внешней стороны устройства (Рисунок 6.1). Это самый простой способ активации. Защиту от случайного запуска можно обеспечить за счет силы и продолжительности нажатия на кнопку.

- 2) Реализация рычага на основе системы «Байонет» (Рисунок 6.2).
Запуск осуществляется за счет смещения вдоль окружности устройства с последующим сдвигом в сторону. Такой метод обеспечивает защиту от случайных срабатываний.
- 3) Реализация рычага с нажатием (Рисунок 6.3). Активация осуществляется посредством смещения вдоль окружности устройства и последующим нажатием. Такой метод так же обеспечивает надежную защиту от случайного запуска.
- 4) Реализация посредством контакта поверхностей (Рисунок 6.4).
Данный способ активации основан на соединении двух контактных площадок, расположенных на стороне устройства приходящейся на тыльную сторону ладони. Такой способ обеспечивает легкий запуск в перчатках, но не страхует от случайного запуска.



Рисунок 6.1. Активация с помощью кнопки.

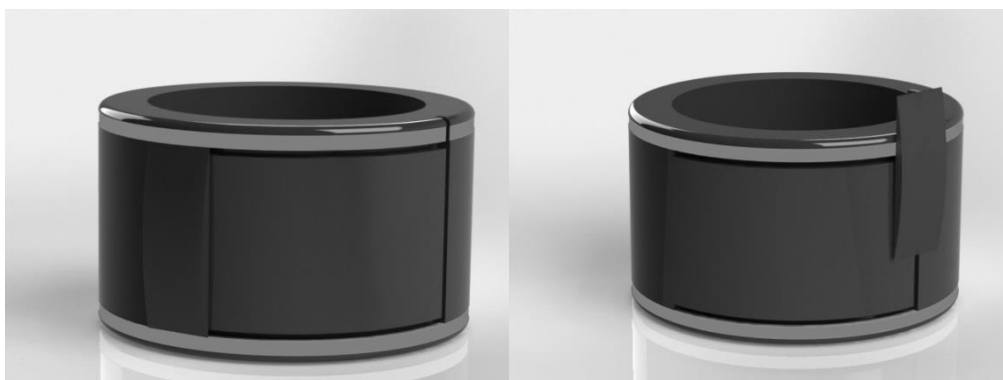


Рисунок 6.2. Активация с помощью рычага со смещением.

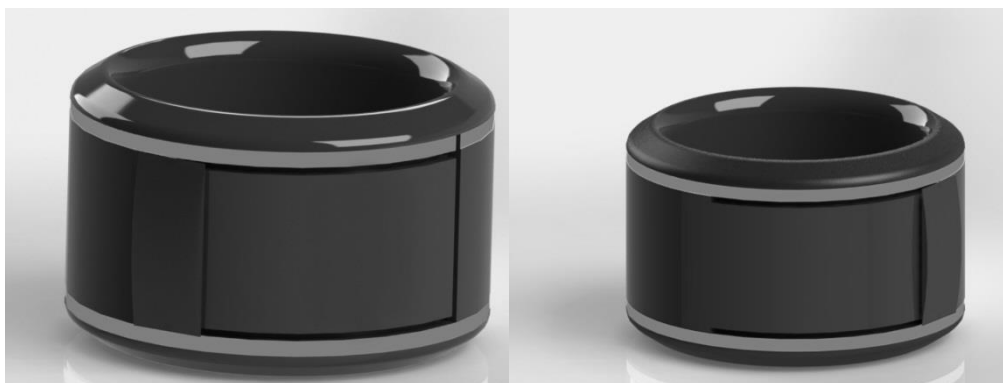


Рисунок 6.3. Активация с помощью рычага без смещения.

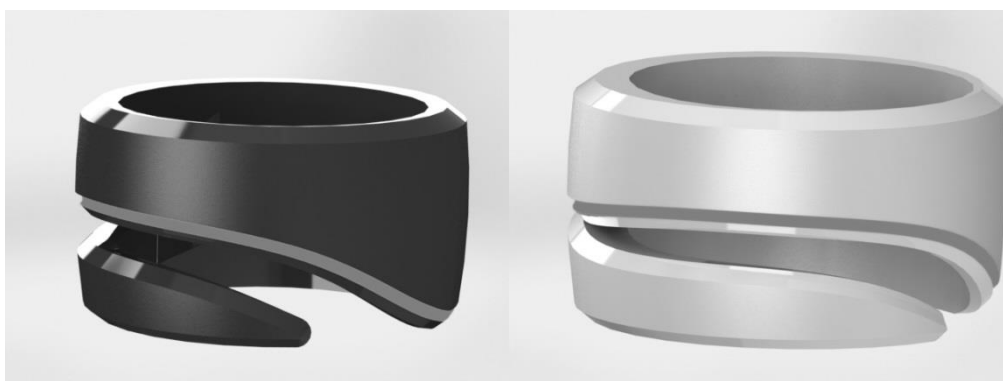


Рисунок 6.4. Активация с помощью контактных площадок.

После обсуждений с заказчиком и анализа технологичности конструкции решено реализовать активацию устройства с помощью кнопки.

Место для кнопки должно быть таким, чтобы обеспечивать легкое нажатие пальцем той руки, на которую надето устройство. Это позволит скрытно, без использования второй руки, запустить устройство в случае экстренной необходимости.

Поэтому лучшим расположением кнопки является нижняя часть устройства (Рисунок 6.5).

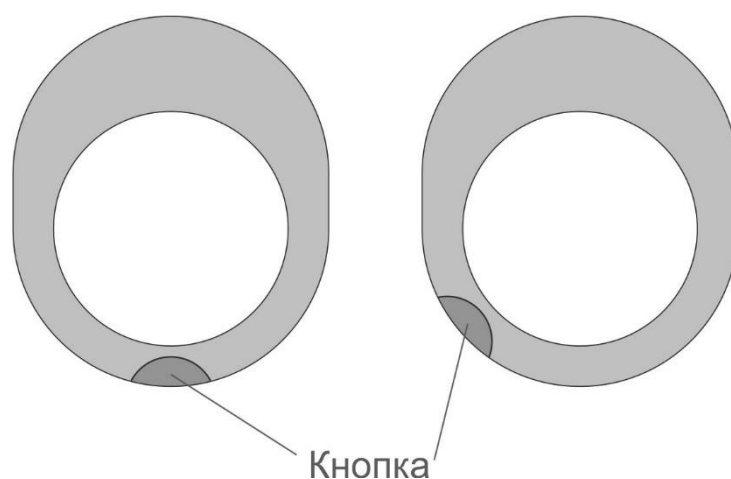


Рисунок 6.5. Расположение кнопки в нижней части устройства.

Вариант со смещенной от центра кнопкой с сильным тактильным эффектом позволяет легче и удобнее дотянуться до нее. Кнопка должна располагаться под углом порядка $210-240^\circ$. Такое расположение обеспечивает меньшую вероятность случайного запуска при бытовой эксплуатации, например, при рукопожатии, ношении сумок, пакетов и других грузов. Другими словами, кнопка в этом расположении не входит в активную зону контакта с внешней средой.

Кнопка не должна визуально выделяться, поэтому ее следует спроектировать так, чтобы ее поверхность не была выражена относительно общей поверхности устройства ни высотой расположения, ни цветовым решением. Это также обусловлено внешним видом и композицией. Устройство имеет миниатюрные размеры поэтому не следует перегружать его деталями.

6.1.2 Проработка формы устройства

Конструктивно ювелирные кольца обладают двумя основными элементами – верхней (верхушка) и нижней (шинка) (Рисунок 6.6). [38].

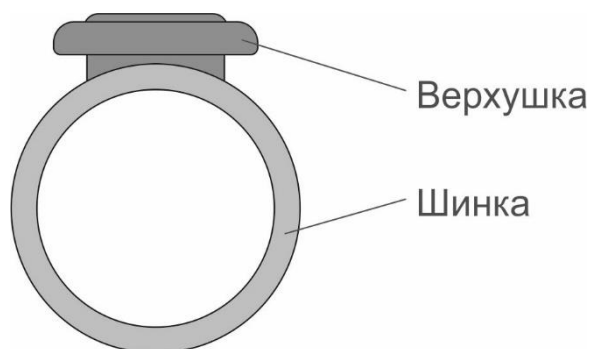


Рисунок 6.6. Конструктивные части ювелирного кольца.

Для устройства NIMB-R100 справедливы требования по эргономике и форме те же, что и для ювелирного кольца, а это необходимость в учете следующих особенностей:

1) Шинка кольца не должна быть широкой и толстой одновременно.

Такие размеры не позволяют сомкнуть пальцы между собой, поэтому ношение такого кольца будет некомфортно. Для решения этой проблемы необходимо:

- уменьшить толщину шинки, если ширина важнее (Рисунок 6.7б);
- уменьшить ширину шинки, если толщина важнее (Рисунок 6.7в);

2) Верхушка может быть любых форм и размеров, если не заходит в область шинки (Рисунок 6.8). В противном случае пальцы не смогут сомкнуться.

Устройство не должно обладать большими габаритными размерами. Это обусловлено самим форм-фактором кольца. Если кольцо все же имеет большие габариты, то для комфортного ношения его шинка не должна быть большой толщины, чтобы кончики пальцев могли сомкнуться. Такой нюанс существует у ювелирных колец и остается справедливым для данного устройства, потому что обеспечивает комфортное ношение.

Эстетически не позволительно, чтобы кольцо визуально имело гендерное предрасположение. Необходимо, чтобы кольцо имело универсальный внешний вид, не разделенный по возрастному и гендерному типу, поэтому устройство должно обладать нейтральным дизайном без использования декоративных элементов в виде узоров, завитушек и страз. Восприятие от кольца должно быть нейтральным, чтобы устройство не надоедало с течением времени.

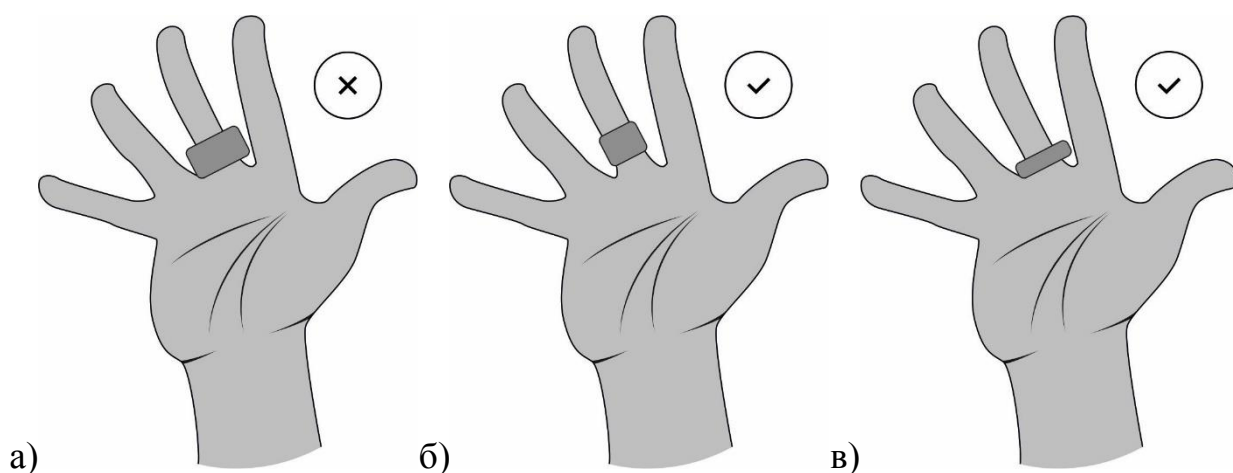


Рисунок 6.7. Комфортные размеры кольца где, а – широкая и толстая шинка, б – широкая и тонкая шинка, в – узкая и толстая шинка.

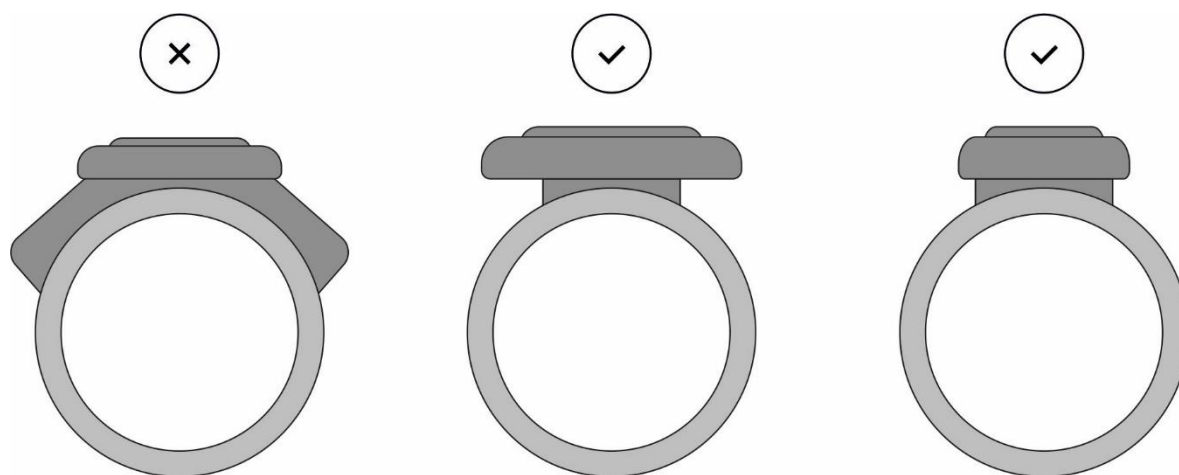


Рисунок 6.8. Приемлемая форма верхушки.

6.2 Детальное проектирование внешнего вида устройства

В ходе детального поиска формы устройства было разработано 8 вариантов внешнего вида. Все варианты корпусов подразумевают изготовление из пластика.

Вариант №1, изображенный на рисунке 6.9 является логическим продолжением формы, предложенной во время первичного проектирования внешнего вида устройства. Форма имеет грани, имитирующие таковые у драгоценного камня.

Корпус состоит из двух основных деталей – внешней и внутренней. Внешняя деталь играет роль базовой, а внутренняя – роль крышки, которая закрывает базовую деталь корпуса. Светодиодная индикация вынесена наружу, на места двух симметрично расположенных относительно друг друга граней.

Вариант №2 так же, как и вариант №1, имеет пластиковый корпус с гранеными формами. Светодиодная индикация расположена на гранях также симметрично. Отличием является выступающие ребра между гранями, которые делают их более видимыми (Рисунок 6.10).

Вариант №3, это более органическая версия формы варианта №2 (Рисунок 6.11). Другими словами, форма также основана на идее имитации граней драгоценного материала с выступающими ребрами. Однако ребра соединены между собой сглаженными углами, которые в совокупности представляют собой некую органическую структуру.

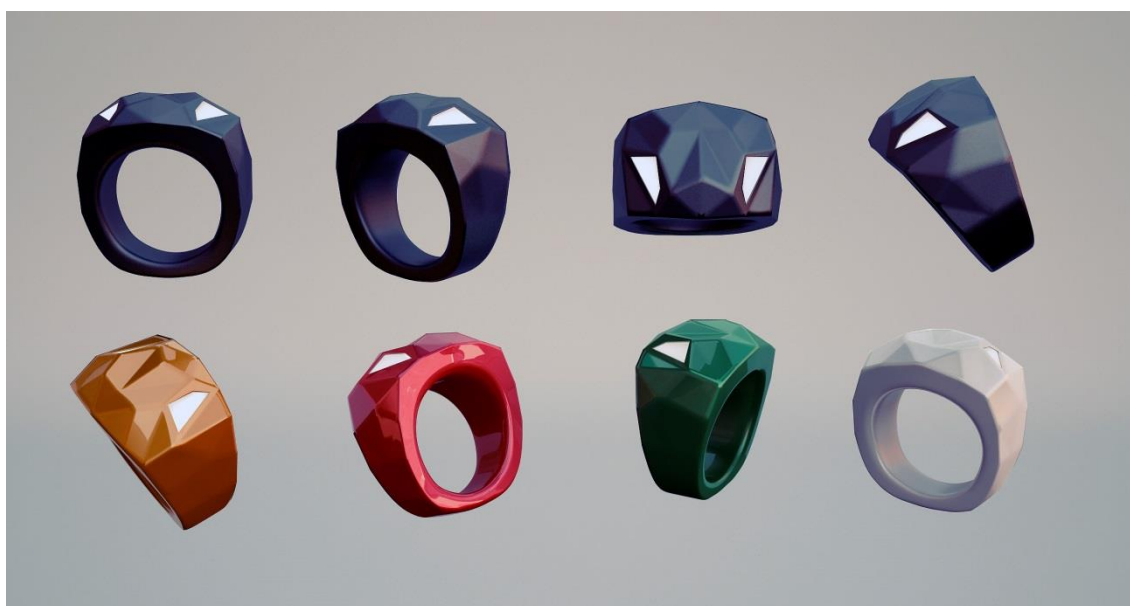


Рис. 6.9. Внешний вид устройства. Вариант №1.



Рис. 6.10. Внешний вид устройства. Вариант №2.



Рис. 6.11. Внешний вид устройства. Вариант №3.

На рисунке 6.12 изображен Вариант №4 дизайна устройства с полностью плавными поверхностями и с чуть удлиненной с одной стороны верхушкой. Светодиодная индикация вынесена наружу посредством кругового размещения по всему периметру.

Вариант №5 имеет идентичный силуэт, как у Варианта №4, но с другим расположением светодиода по бокам, в виде вытянутых овалов (Рисунок 6.13).

Вариант №6 обладает теми же очертаниями, что и предыдущие два варианта, но на верхней поверхности имеются плавные изгибы (Рисунок 6.14). Форма и расположение светодиодов сохранена, как в Варианте №6.

Вариант №7, проиллюстрированный на рисунке 6.15 обладает практически идентичной формой с органическими изгибами, как у варианта №6. Отличием является другое расположение светодиода, который располагается по центру между изгибами.



Рис. 6.12. Внешний вид устройства. Вариант №4.



Рис. 6.13. Внешний вид устройства. Вариант №5.



Рис. 6.14. Внешний вид устройства. Вариант №6.

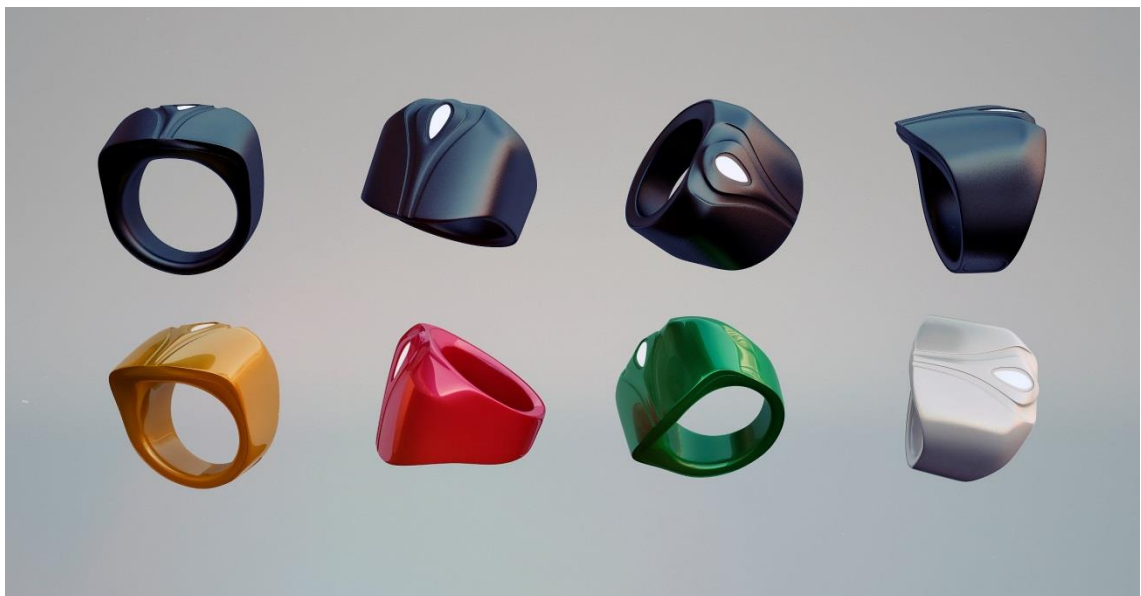


Рис. 6.15. Внешний вид устройства. Вариант №7.

Вариант 8 внешнего вида устройства обладает иной концепцией, по сравнению с вышеописанными вариантами форм. Здесь предлагается наиболее органический дизайн со множеством изгибов, напоминающих стилизованное лицо (Рисунок 6.16).

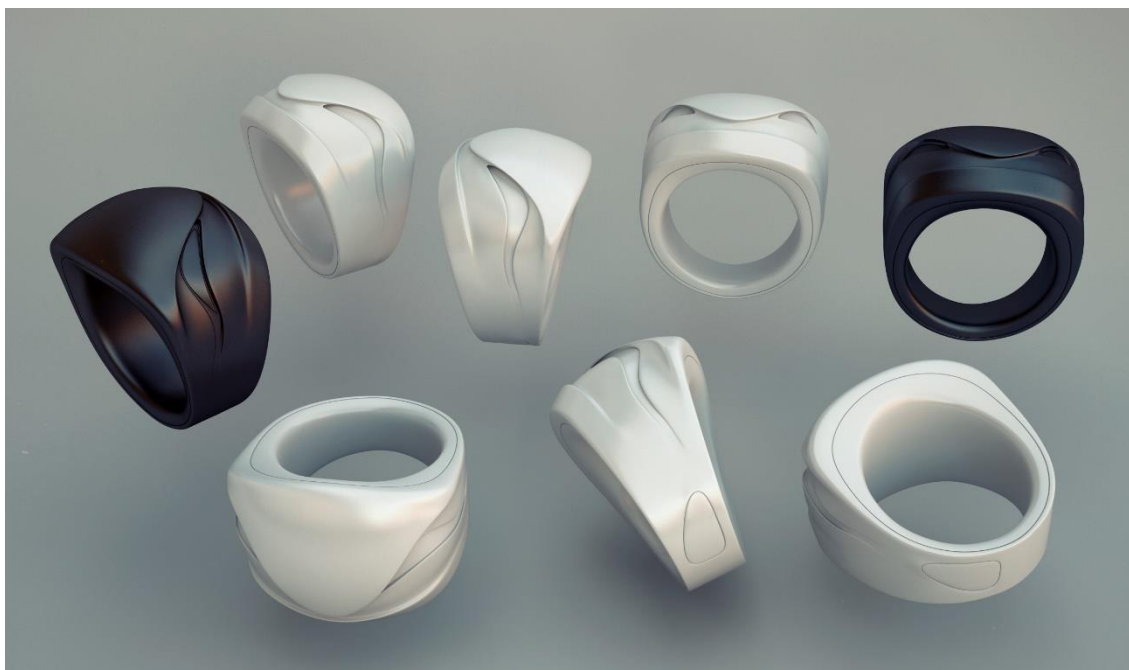


Рис. 6.16. Внешний вид устройства. Вариант №8.

Из всех предложенных выше вариантов внешнего вида устройства заказчиком были выбраны Варианты №4 (Рисунок 6.12) и №8 (Рисунок 6.16), которые в дальнейшем были изготовлены на 3D-принтере из гипсового материала для оценки формы непосредственно.

В результате оценки утвержден вариант №4 (Рисунок 6.12), как обладающий наиболее универсальной и технологичной формой. Такой внешний вид устройства без явных выделяющихся элементов, а значит и без явной стилистической направленности позволяет носить устройство с любой одеждой. Значительным преимуществом можно считать и то, что такая форма является наиболее рациональной относительно обеспечения максимального использования внутреннего объема устройства. Это становится возможным благодаря отсутствию декоративных изгибов.

Для выбора цветов решено организовать фокус группу из 100 человек. Им будет показано устройство, окрашенное в 16 разных цветов (Приложение Б). Цвета подобраны из основных (базовых) и наиболее популярных оттенков.

7 КОМПОНОВКА И КОНСТРУКТИВ

7.1 Детальная компоновка устройства

К детальной компоновке устройства приступают только после окончательного утверждения внутренних компонентов. Когда вероятность изменения компонентов мала, появляется возможность сосредоточиться на подробном изучении их характеристик, которые так или иначе влияют на компоновку.

Главными характеристиками при детальной компоновке являются габаритные размеры компонентов. Грамотное расположение электронно-технических элементов во внутреннем пространстве позволит минимизировать размеры самого устройства. Чем компактнее будут расположены элементы, тем миниатюрнее будет устройство. В частности, у NIMB-R100 самыми значимыми внутренними компонентами, от которых в большей степени зависит компоновка, являются: главная часть печатной платы, аккумулятор, вибромотор и кнопка. К следующим по значимости компонентам можно отнести контактные площадки, магниты и светодиод. Расположение вышеуказанных компонентов изображено на рисунке 7.1.

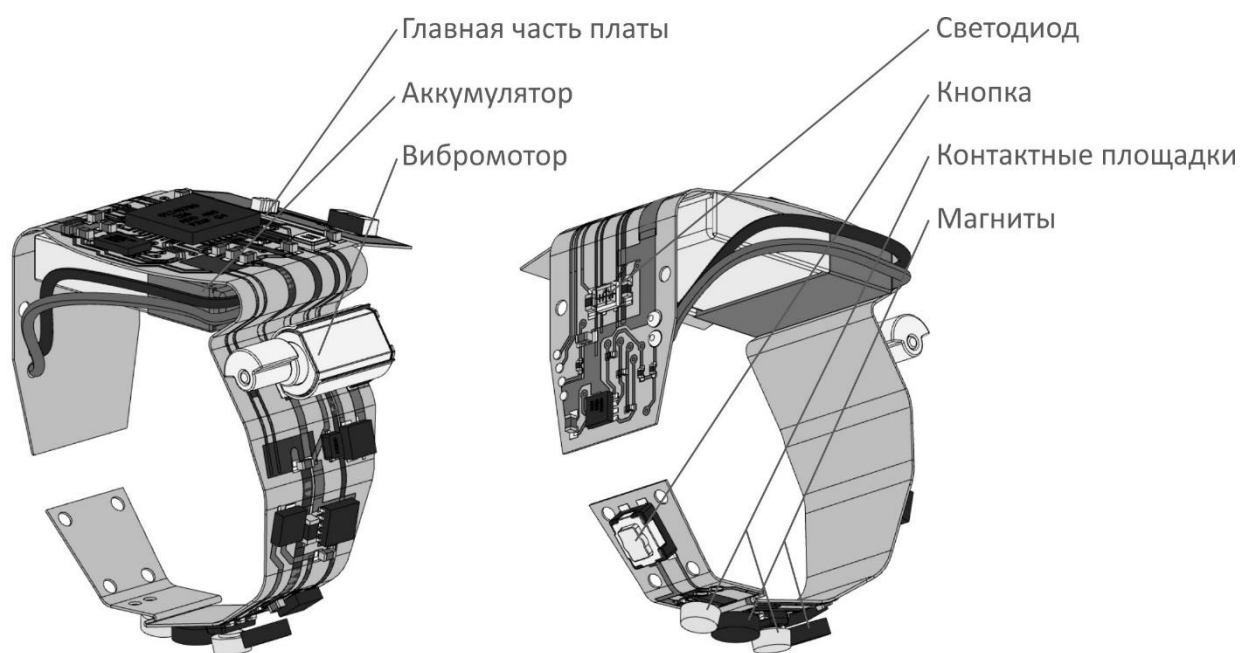


Рисунок 7.1. Внутренние компоненты устройства NIMB-R100.

Конструктивно, по аналогии с ювелирным кольцом, устройство имеет верхнюю часть (верхушка) и нижнюю часть (шинка) (Рисунок 7.2).

Как видно из рисунка 7.2, самой объемной частью у устройства является его верхушка, куда и следует размещать главную часть печатной платы, которая, в силу концентрации на ней множества электронных компонентов должна располагаться надежно, без изгибов. Под главной частью печатной платы отлично размещается аккумулятор, который подобран по размерам таким образом, чтобы служить плате твердой подложкой для большей надежности.

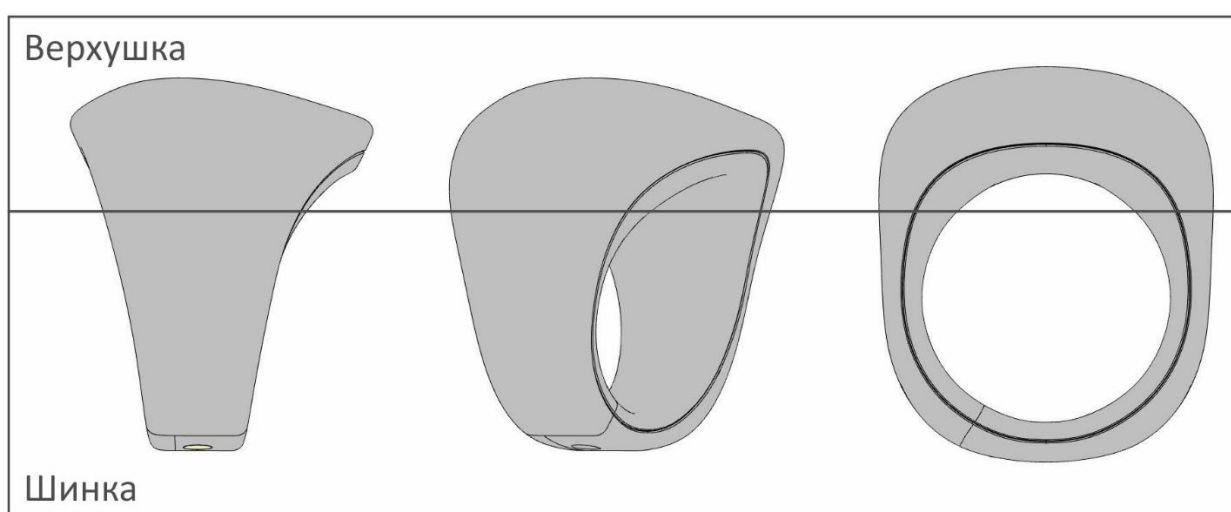


Рисунок 7.2. Верхушка и шинка устройства.

Вибромотор имеет вытянутую форму, поэтому единственное место, куда он может быть размещен, это сбоку главной части печатной платы.

Кнопка должна быть расположена в нижней части устройства примерно под углом 230 градусов. Ее высота должна быть такой, чтобы обеспечивать установку поршня кнопки с возможностью фиксации и нажатия.

Вышеизложенные действия основаны только на габаритных размерах компонентов. Однако, помимо этих характеристик, некоторые компоненты требуют учета особенностей и специальных требований по расположению относительно друг друга. Например, некоторые компоненты, с точки зрения инженерной и электронной особенностей, не могут быть далеко установлены

от другого компонента, либо наоборот их не рационально устанавливать порознь.

Одной из таких особенностей является учет полярности при подключении NIMB-R100 к зарядному устройству. При зарядке существует необходимость вывода двух контактных площадок для зарядки устройства – отрицательных и положительных. Контактная площадка с положительными электродами устройства должна подключаться к положительному приемному контакту, а отрицательный к отрицательному. При неправильном позиционировании и смене полюсов заряда происходит «переполюсовка», что может привести к сгоранию некоторых электронных компонентов устройства. Поэтому необходимо продумать способ для различия между установкой устройства. Лучшим решением является реализация чуть смещенных контактных площадок по аналогии с реализованным компанией «Sony» (Рисунок 7.3). Однако в нашем случае такая идея является рискованной, так как нет опыта в использовании технологий производства. Точное соединение настолько маленьких контактов между собой будет достигнуто после циклического изготовления тестовых экземпляров с дальнейшей их корректировкой, в следствии чего будет увеличено время и финансовые затраты на проектирование устройства.

Поэтому необходимо использовать контакты большей площади соприкосновения для гарантированного контакта и заряда устройства. Для определения правильной установки решено использовать магниты, установленные в устройство и док-станцию под определенной полярностью таким образом, чтобы при установке устройства правильной стороной магниты между собой притягивались, а при неправильной установке – отталкивались.

На рисунке 7.4а изображено правильное размещение устройства, при котором два магнита одновременно притягиваются к магнитам, расположенным на док-станции, а на рисунке 7.4б – неправильное

перевернутое размещение, когда боковой магнит отталкивается, не позволяя коснуться контактной площадке с площадкой в док-станции.



Рисунок 7.3. Смещенные контактные площадки у устройства от «Sony».

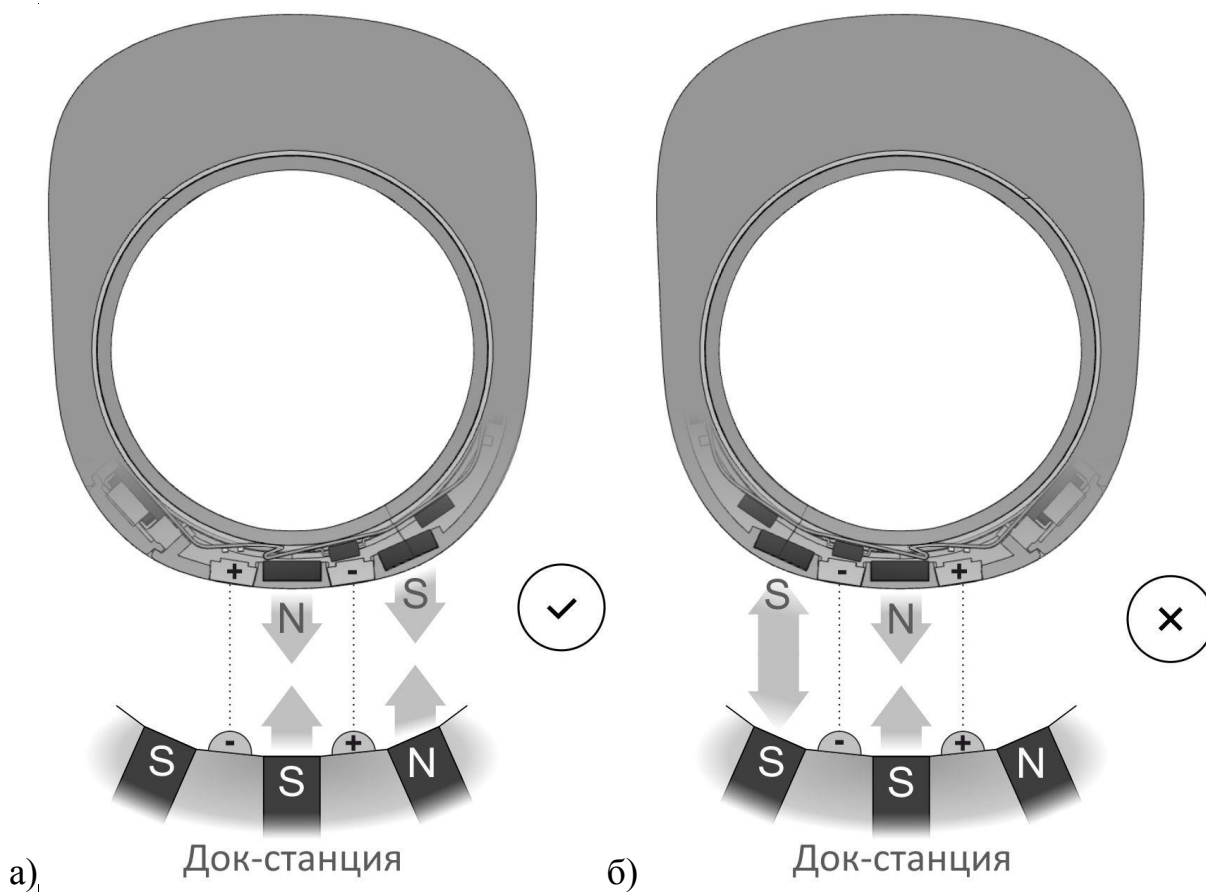


Рисунок 7.4. Защита от переполусовки где, а – правильное расположение устройства, б – неправильное.

Еще одной особенностью размещения электронных компонентов являются требования по размещению антенны с металлизированной площадкой с краю печатной платы, на некотором расстоянии от других электронных компонентов. Такие требования обусловлены необходимостью

обеспечения правильной диаграммы направленности. Поэтому некоторая часть печатной платы приняла более вытянутую форму, идеально расположившись у вытянутой верхушки устройства (Рисунок 7.5).

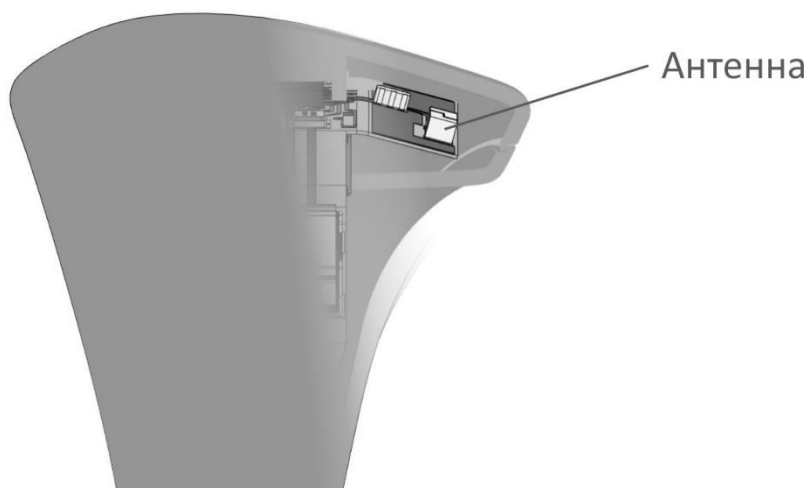


Рисунок 7.5. Расположение антенны у вытянутой части верхушки.

Еще одним ограничением являются также компоненты, которые должны взаимодействовать с внешней средой и должны быть рационально позиционированы относительно внешней среды. На примере проектируемого устройства это - светодиодная индикация, кнопка, магниты и контактные площадки для зарядки. Светодиодная индикация должна быть расположена на верхней части устройства для комфортного визуального контакта. Кнопка должна располагаться на нижней части устройства для возможности легкого доступа и нажатия пальцем той руки, на которую надето устройство. Контактные площадки должны располагаться в нижней части шинки, чтобы устройство могло беспрепятственно позиционироваться на док-станцию. Для позиционирования магниты также должны быть установлены в нижней части устройства возле контактных площадок для обеспечения корректного притяжения.

7.2 Проектирование конструктива устройства

7.2.1 Разработка составных элементов корпуса устройства

Главная цель конструктива – обеспечить надежное позиционирование внутренних элементов и деталей корпуса друг относительно друга для получения высоких эксплуатационных характеристик устройства. Такие эксплуатационные показатели, как долговечность, надежность, точность и т.д., в большей степени зависят от правильности проектирования посадочных мест, допусков формы и позиционных элементов [39]

Разработанный конструктив должен обеспечивать удобную и быструю сборку. Каждая дополнительная секунда сборки увеличивает совокупное время сборки партий устройств, поэтому конструкция должна собираться максимально быстро и одновременно обеспечивать надежное монолитное состояние.

Первым делом необходимо детально продумать разделение формы корпуса устройства на составные детали таким образом, чтобы устройство выглядело привлекательно и было обеспечено плотное сопряжение и надежное крепление деталей корпуса между собой.

Существует 2 наиболее распространенных способа сопряжения. Первый основывается на боковых гранях деталей (Рисунок 7.6а), расположенных под определенным углом α . Обычно угол составляет 45° , потому что такой скос позволяет обеспечить равноценное сопряжение деталей друг с другом. Второй основывается на выступах, по краям детали (Рисунок 7.6б).

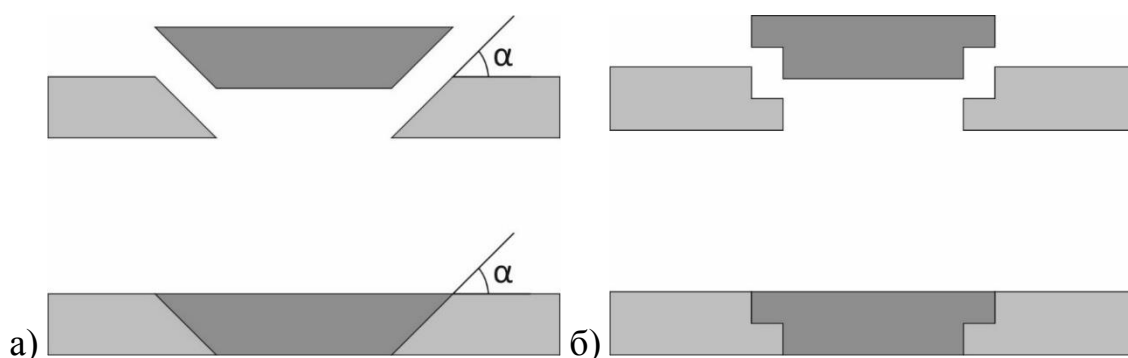


Рисунок 7.6. Виды сопряжения поверхностей, где а – сопряжение на сонове скоса, б – сопряжение на основе выступов.

Первый в этом случае требует обязательного наличия крепежных элементов, в отличие от второго, который позволяет использовать клеевое соединение, где благодаря выступам клей не просачивается наружу. Также выступы позволяют установить детали быстрее и корректно, потому что выполняют роль направляющих.

И первый и второй способы при качественном проектировании обеспечивают высочайшую точность сопряжения деталей. Однако решение со скосом обеспечивает чуть более качественную посадку благодаря отсутствию граней по сравнению с выступами. Для этого требуется тщательное соблюдение углов скоса между деталями.

Качество сопряжения также зависит от используемых материалов и технологий изготовления сопрягающихся деталей. Если материалы и технологии этих деталей значительно отличаются, то есть вероятность погрешности при сопряжении. Каждый тип материалов и технологий по-разному обеспечивают степень точности изготовления и поэтому для достижения высокой точности установки деталей следует использовать одинаковые технологии и материалы. В этом случае необходимо изготавливать детали в тестовом режиме. После выявления погрешностей изготовления и исправления размеров детали снова отправляются в тестовое производство. Такие действия осуществляются циклично до тех пор, пока не будет достигнута высокая точность сопряжения.

Для устройства NIMB-R100 решено остановиться на сопряжении деталей посредством выступов для быстрой и корректной установки деталей корпуса. Это позволит использовать клеевое соединение, не требующее проектирования фиксаторов.

Толщина стенок корпуса устройства составляет 0.75 мм. Такое значение является оптимальным для размещения всех внутренних компонентов с сохранением минимально возможных габаритных размеров самого устройства. Меньшая толщина может привести к недостаточной прочности конструкции и невозможности изготовления.

Для сохранения визуальной целостности внешней поверхности корпус устройства разделен на две основные детали – внешнюю основную (Рисунок 7.7а) и внутреннюю втулку (Рисунок 7.7б). Внешняя основная деталь позволяет осуществить доступ ко всему внутреннему объему для обеспечения лучшего позиционирования электронно-технических компонентов, а внутренняя втулка играет роль крышки, которая закрывает устройство. Стыковка деталей реализована посредством выступов (Рисунок 7.8).

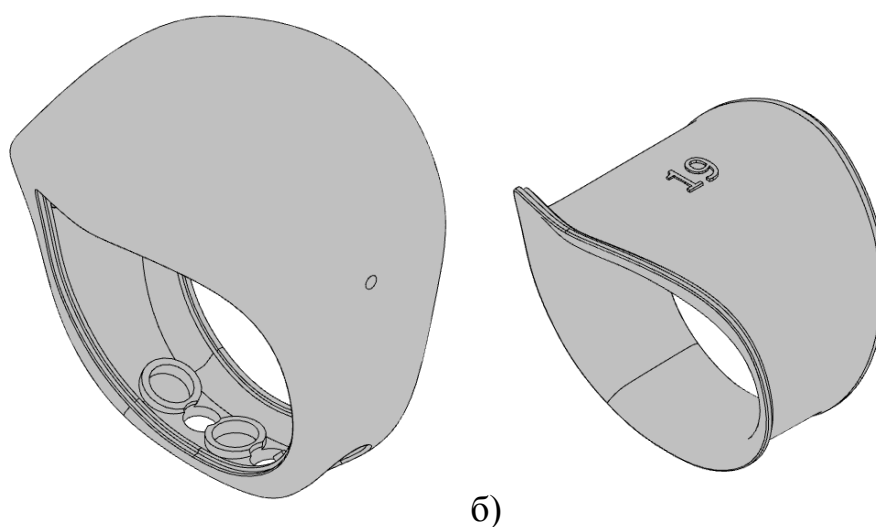


Рисунок 7.7. Основные детали корпуса, где: а) внешняя деталь корпуса, б) внутренняя деталь корпуса (втулка).

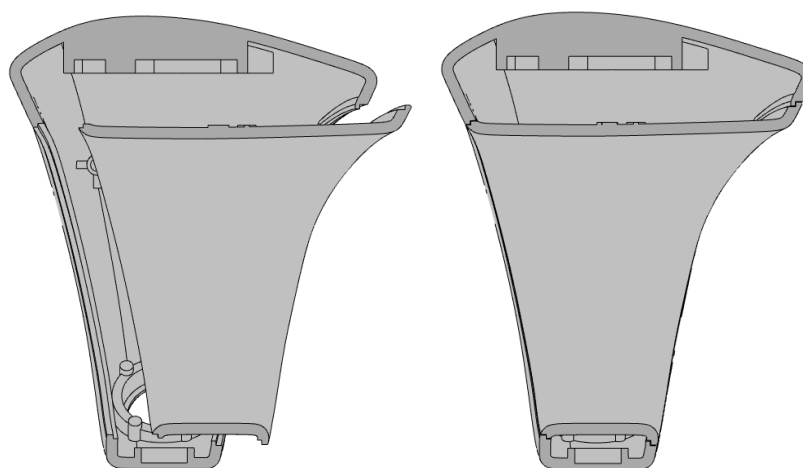


Рисунок 7.8. Позиционирование внутренней детали корпуса во внешнюю посредством выступа.

Крепление деталей предполагается осуществлять клеевым соединением. Технология склеивания более надежна и экономична по сравнению с другими способами крепления деталей. [40]

Устройство NIMR-R100 имеет визуальную индикацию в виде светодиода, расположенного на гибкой плате. Для светодиода необходимо спроектировать простейший световод, чтобы обеспечить выход света наружу корпуса. [41]

Световод решено выполнить в нейтральной круглой форме диаметром 1 мм с четырехугольной площадкой, благодаря которой он не будет прокручиваться и выпадать наружу (Рисунок 7.9). Световод предполагается устанавливать с внутренней стороны корпуса.

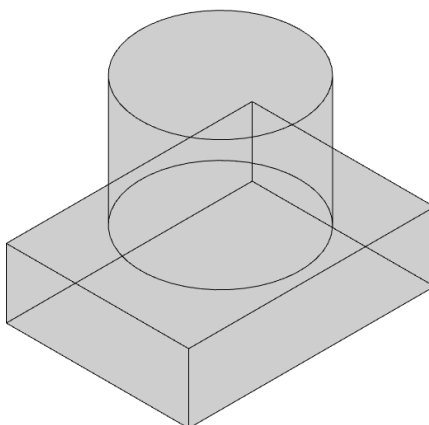


Рисунок 7.9. Световод.

Устройство имеет кнопку, которая расположена на гибкой плате и должна находиться под углом $210-240^\circ$. Для возможности ее нажатия необходимо спроектировать отдельную деталь корпуса – поршень кнопки.

Поршень кнопки устройства решено выполнить в идеально круглой форме с повторением изгиба поверхности корпуса устройства (Рисунок 7.10). Такая форма обусловлена спецификой дизайна и простотой конструкции.

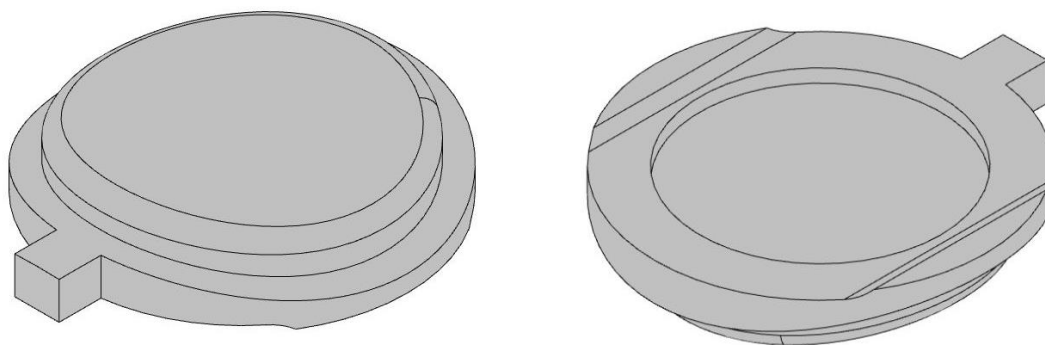


Рисунок 7.10. Поршень кнопки.

Если бы поршень кнопки имел четырехугольную форму, либо любую другую форму с ребрами, то геометрия кнопки и посадочных мест под нее была бы слишком сложной. Помимо этого, четырехугольная форма не вписалась бы в дизайн устройства, который обладает множеством плавных изгибов и скругленных краев.

Видимая часть поршня кнопки имеет диаметр 4.6 мм. Для надежного позиционирования предусмотрена расширяющаяся ступенчатая основа (выступ) с фиксатором для предотвращения прокрутки. Диаметр поршня кнопки с выступом составляет 5.35 мм, а ширина и длина фиксатора 0.7 мм соответственно. На обратной стороне кнопки имеется углубление размером 0.2 мм и диаметром 3.9 мм. Такие размеры поршня обусловлены техническими габаритами кнопки, расположенной на гибкой плате, а также подобраны таким образом, чтобы обеспечить требуемый ход поршня кнопки.

7.2.2 Разработка внутренней геометрии

Внутренние элементы должны быть надежно закреплены для сохранения заданной компоновки при эксплуатации устройства. Крепления реализуются не для всех компонентов по всему внутреннему объему, а лишь на критических местах, чтобы упростить конструкцию, производство и сборку. Рациональное проектирование размещения крепежных элементов может обеспечить надежное позиционирование внутренних компонентов при малых количествах самих крепежей.

Обеспечение статичного расположения гибкой печатной платы обеспечивается двумя способами:

- 1) С помощью пазов у корпуса для главной части печатной платы;
- 2) С помощью стоек и приемных отверстий в гибкой плате, располагающиеся на критических местах.

Пазы спроектированы специально под электронные компоненты на главной части печатной платы с допусками по их установке. Такое решение препятствует смещению платы по горизонтали. Расположенный аккумулятор под главной частью печатной платы и плотно закрывающая втулка корпуса прижимает эти компоненты между собой, что предотвращает смещение по вертикали (Рисунок 7.11).

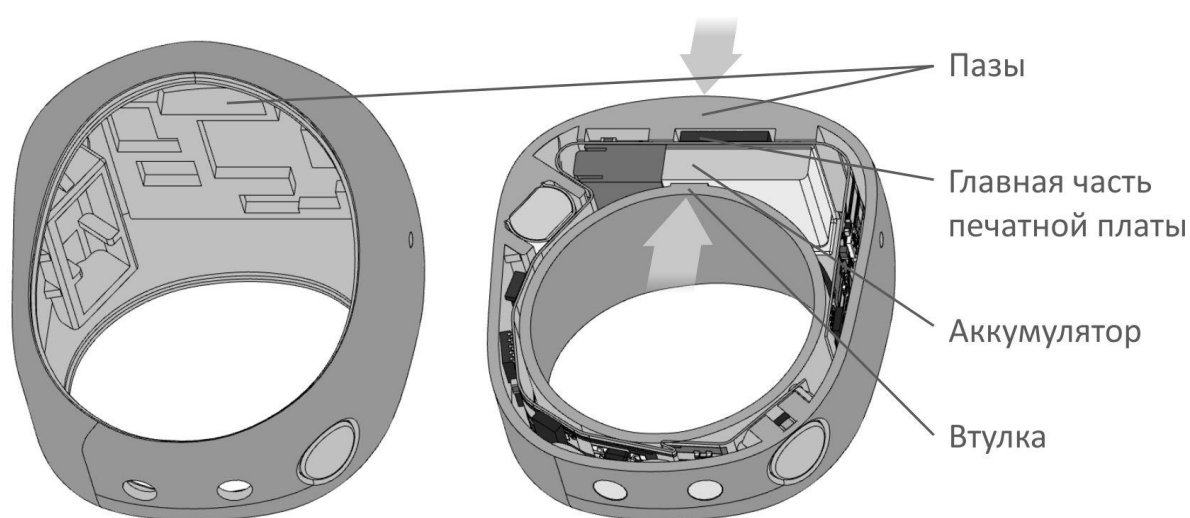


Рисунок 7.11. Крепеж гибкой платы с помощью пазов.

Критическими местами для крепления платы за стойки являются:

- Часть платы со светодиодом, которая не должна смещаться относительно выводного отверстия у корпуса;
- Часть с кнопкой, которая также должна быть надежно закреплена относительно поршня кнопки.

Часть печатной платы, которая содержит в себе светодиод располагается достаточно близко от надежно закрепленной главной части печатной платы. Поэтому единственно возможным смещением может быть смещение по вертикали и вдоль оси светодиода. Для решения этой проблемы достаточно двух стоек, расположенных по краям.

Часть печатной платы с кнопкой расположена на длинном боковом лепестке достаточно далеко от главной части печатной платы. Кнопка должна позиционироваться надежно, без вероятности смещения в какую-либо сторону, потому что подвергается нажатию со стороны поршня кнопки. Для этого необходимо расположить позиционные стойки с четырех сторон кнопки. Вероятность продавливания кнопки внутрь исключается, потому что вставленная втулка подпирает конструкцию.

Крепеж гибкой печатной платы с помощью стоек изображен на рисунке 7.12.

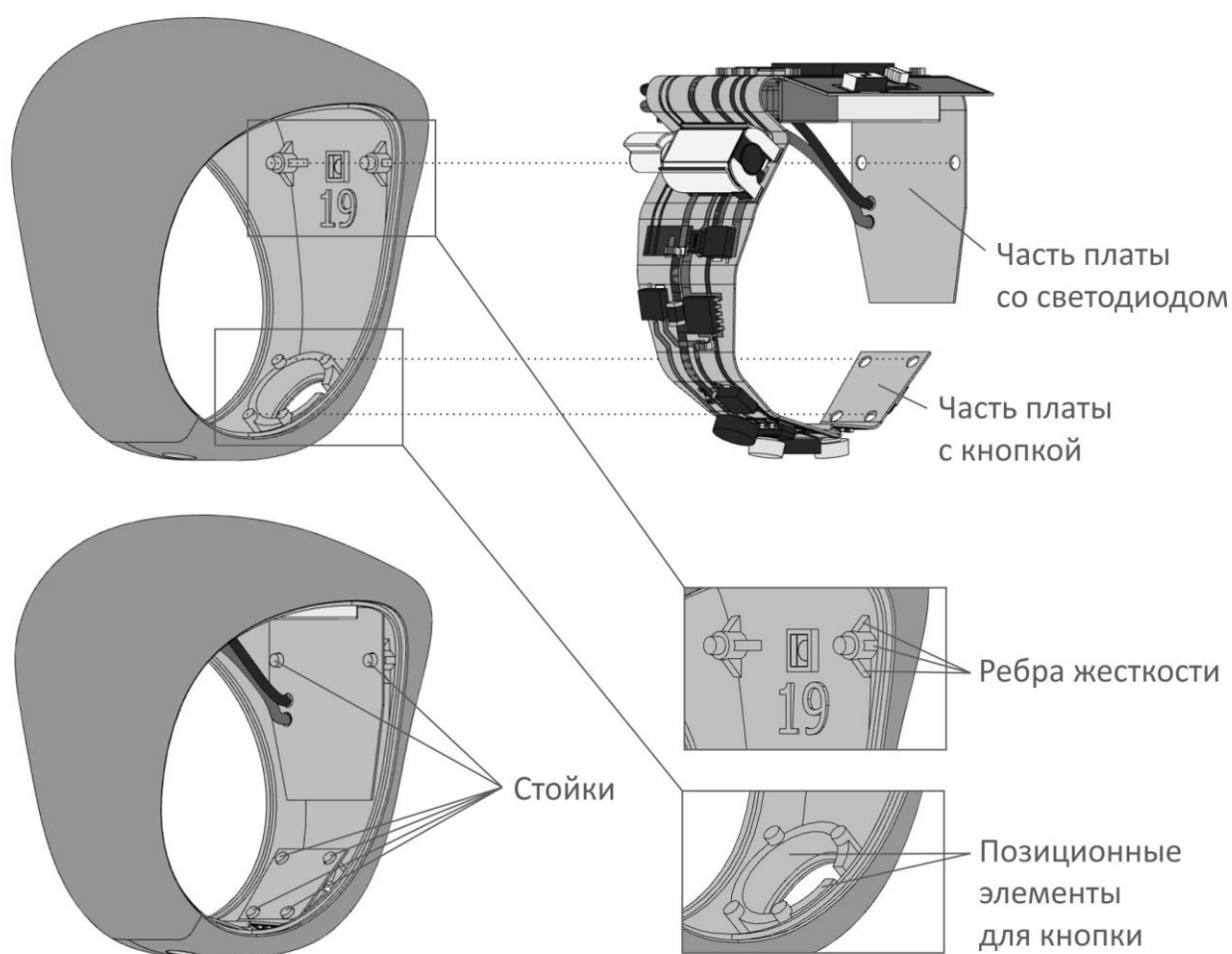


Рисунок 7.12. Крепеж гибкой платы с помощью стоек.

Плата имеет отверстия для установки на стойки диаметром 1 мм. Диаметр всех стоек – 0.9 мм, что обеспечивает зазор 0.05 мм при установленной гибкой плате. Длина стоек для светодиода – 1.9 мм, а длина стоек для кнопки – 1.5 мм.

Ввиду вытянутой формы все стойки имеют ужесточающие элементы, обеспечивающие надежность. У стоек для светодиода это ребра жесткости, а стойки для кнопки соединены в одну геометрию вместе с позиционными элементами для кнопки. Чтобы предотвратить ход гибкой платы вдоль стоек, на них имеются стопорные элементы. Для части платы со светодиодом стопорный элемент реализован в виде выступа диаметром и длиной 1.4 мм, что больше диаметра отверстия платы. Для части платы с кнопкой роль стопорного элемента выполняют позиционные элементы для кнопки.

Устройство обладает тактильной индикацией, которая осуществляется за счет вибромотора. Для вибромотора необходимо предусмотреть посадочное место, на которое бы он размещался максимально плотно. Это обусловлено тем, что плотная посадка обеспечивает большую надежность конструкции. Иначе, при наличии зазора, существует вероятность поломки посадочного места под действием вибрации. Также плотная посадка позволяет вибрации передаваться корпусу максимально чувствительно.

Исходя из габаритов вибромотора посадочное место спроектировано с зазором 0.05 мм. Толщина стенок посадочного места для вибромотора – 1 мм, также предусмотрены ребра жесткости толщиной 0.75 мм по две штуки с двух сторон, что в совокупности должно обеспечить достаточную надежность посадочного места. На рисунке 7.13 изображено посадочное место для вибромотора.

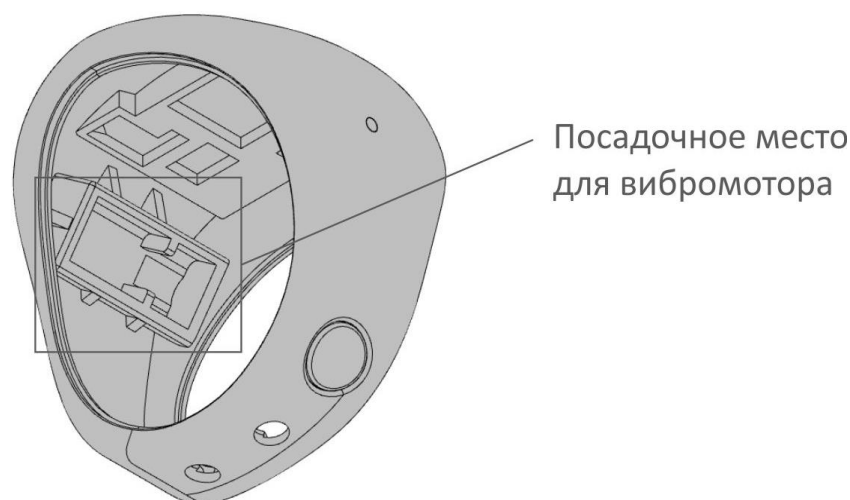


Рисунок 7.13. Посадочное место для вибромотора.

Для поршня кнопки (Рисунок 7.10) необходимо разработать посадочное место. Поршень кнопки обладает круглой формой с выступом и позиционным фиксатором, соответственно, посадочное место должно повторять геометрию поршня с учетом зазора. Зазор должен быть достаточно большой, чтобы поршень мог нажиматься. Посадочное место должно обладать некой вытянутой геометрией, чтобы обеспечить надежный ход поршня кнопки вдоль своей оси, когда при нажатии поршень бы не выпадал за пределы посадочного места.

Для обеспечения надежного хода посадочное место спроектировано со стенкой по всему периметру поршня кнопки и с щелкой для позиционного фиксатора. Общий зазор с установленным поршнем составляет 0.15 мм. Стенки посадочного места одновременно несут роль стопорных элементов для гибкой платы, поэтому их длина удовлетворяет требованиям хода поршня, составляющим порядка 0.5 мм (Рисунок 7.14). Чтобы поршень не выпадал наружу предусмотрен выступ обеспечивающий зазор 0.15 мм между видимой частью поршня кнопки. На рисунке 7.15 изображено посадочное место с основными ее элементами.

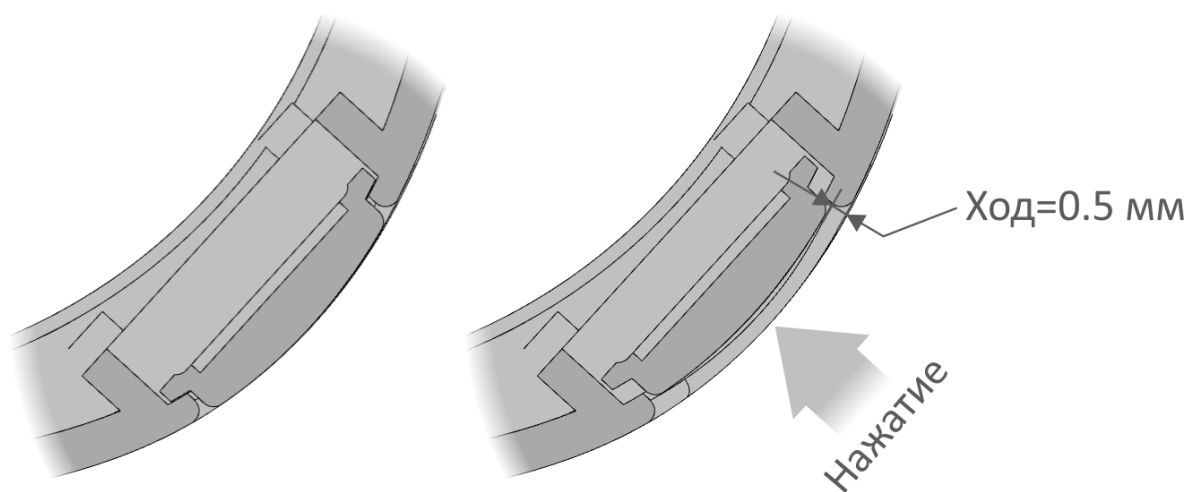


Рисунок 7.14. Ход поршня кнопки.

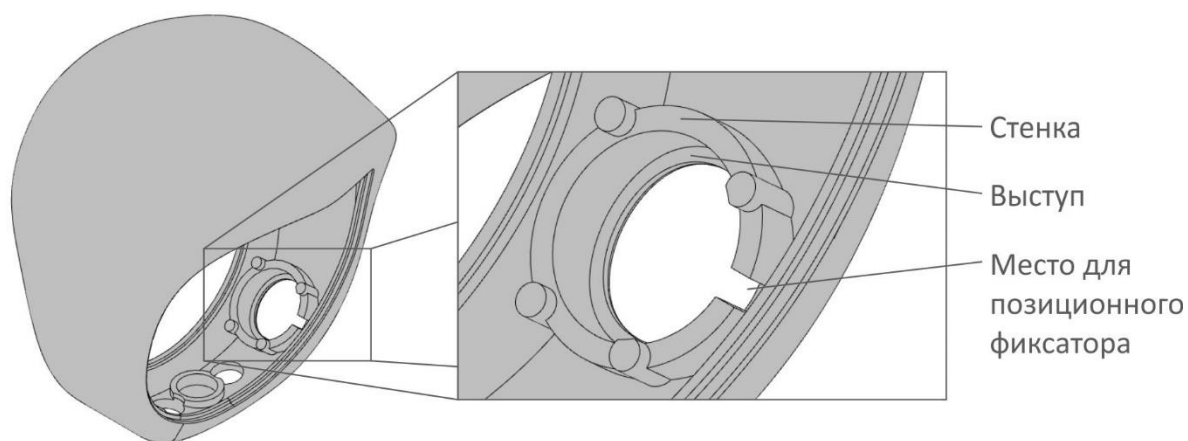


Рисунок 7.15. Посадочное место для поршня кнопки.

В корпусе должны быть предусмотрены отверстия под контактные площадки для зарядки и посадочные места для магнитов.

Отверстия под контактные площадки должны обеспечить их позиционирование так, чтобы площадки располагались на одном уровне с корпусом устройства. Контактные площадки имеют форму усеченного конуса, поэтому отверстие с повторением угла наклона конуса должно обеспечить надежное позиционирование контактной площадки без выпадения наружу. Отверстия выполнены с допуском 0.05 мм.

Магниты должны быть расположены в корпусе близко к внешней поверхности, чтобы обеспечить достаточную силу притяжения к док-станции. По результатам тестирования силы притяжения магнитов в зависимости от толщины материала решено обеспечить толщину корпуса в месте расположения магнитов 0.4 мм (Рисунок 7.16). Толщина корпуса критически мала, что может привести к поломке корпуса. Решение этой проблемы в плотном позиционировании магнитов в своем посадочном месте аналогично плотной посадке вибромотора. Поэтому посадочное место выполнено с общим зазором 0.1 мм.

На рисунке 7.17 изображены посадочные места под магниты и контактные площадки.

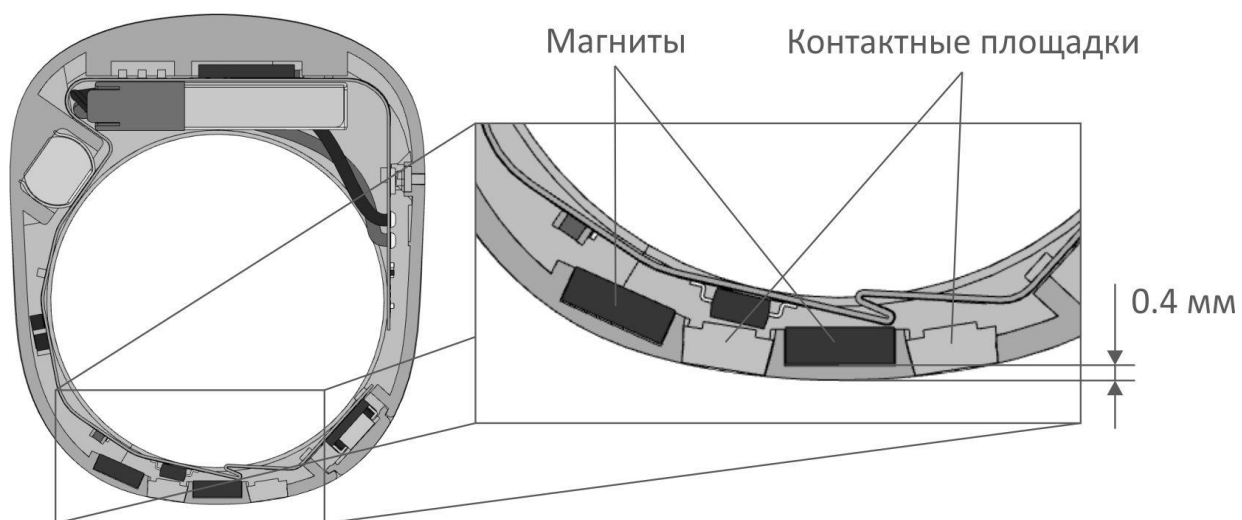


Рисунок 7.16. Установленные магниты и контактные площадки.

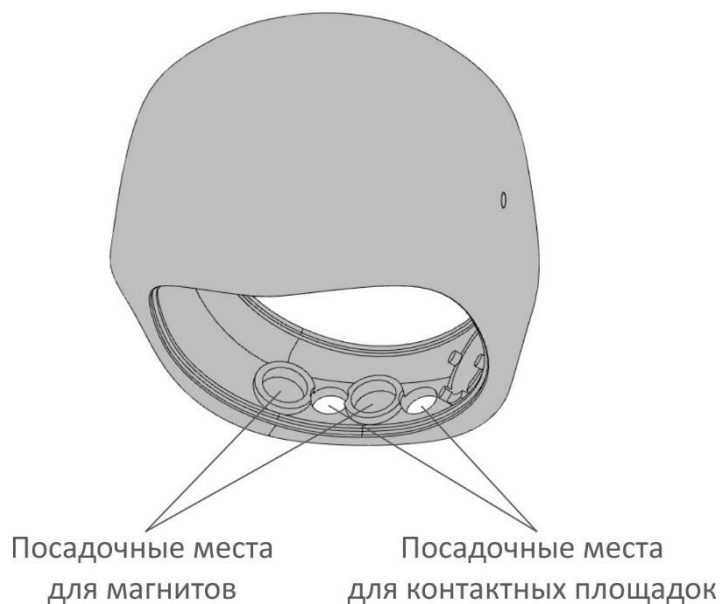


Рисунок 7.17. Посадочные места для магнитов и контактных площадок.

Последним элементом, для которого необходимо спроектировать посадочное место, является световод (Рисунок 7.9). Посадочное место для него решено выполнить с повтором геометрии четырехугольной площадки световода с обеспечением суммарного зазора 0.05 мм (Рисунок 7.18).

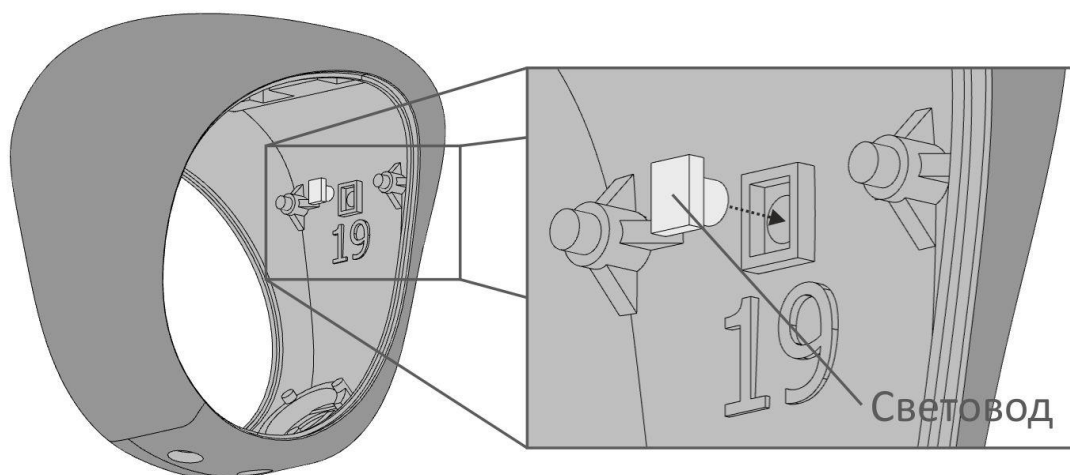


Рисунок 7.18. Посадочное место для световода.

7.3 Унификация устройства

Согласно пункту 1.5.3 технического задания устройство должно иметь 12 размеров с диаметром внутренней окружности от 15 до 21 мм и шагом в 0.5 мм. Другими словами, необходимо разработать 12 устройств незначительно, но все же отличающихся между собой компоновкой внутренних электронно-технических компонентов и, соответственно, расположением конструктивных элементов. Это требует больших временных ресурсов ввиду необходимости проработки каждого размера в отдельности.

Для ускорения процесса разработки всего размерного ряда решено сконцентрировать усилия на трех размерах устройства 17, 19 и 21 мм, которые будут играть роль базовых. Остальные размеры образуются за счет уменьшения окружности базовых размеров, т.е. за счет утолщения внутренней поверхности. Таким образом образование размерного ряда выглядит следующим образом (Таблица 7.1), где дополнение «Б» означает «базовый размер».

Таблица 7.1. Размерный ряд устройства.

Размер (мм)	15	15.5	16	16.5	17Б	17.5	18	18.5	19Б	19.5	20	20.5	21Б
Толщина поверх-ти (мм)	1.75	1.5	1.25	1	0.75	1.5	1.25	1	0.75	1.5	1.25	1	0.75
Утолщение (мм)	1	0.75	0.5	0.25	нет	0.75	0.5	0.25	нет	0.75	0.5	0.25	нет

Такое решение значительно ускоряет процесс разработки и позволяет при этом сохранить весь требуемый размерный ряд.

На рисунке 7.19 представлено увеличение толщины внутренней поверхности базового размера 19 для достижения размеров 17.5, 18 и 18.5.

Как видно из таблицы 7.1, больше всего увеличивается толщина для размера 15 мм. Для его достижения необходимо внутреннюю поверхность увеличить на 1 мм, что немало для микроминиатюрного устройства. Однако данное решение необходимо и переносить базовые размеры на меньшие не целесообразно, потому что размеры 17 и 19 мм являются наиболее востребованными. Размер же 21 мм был принят за базовый только для достижения меньших размеров.

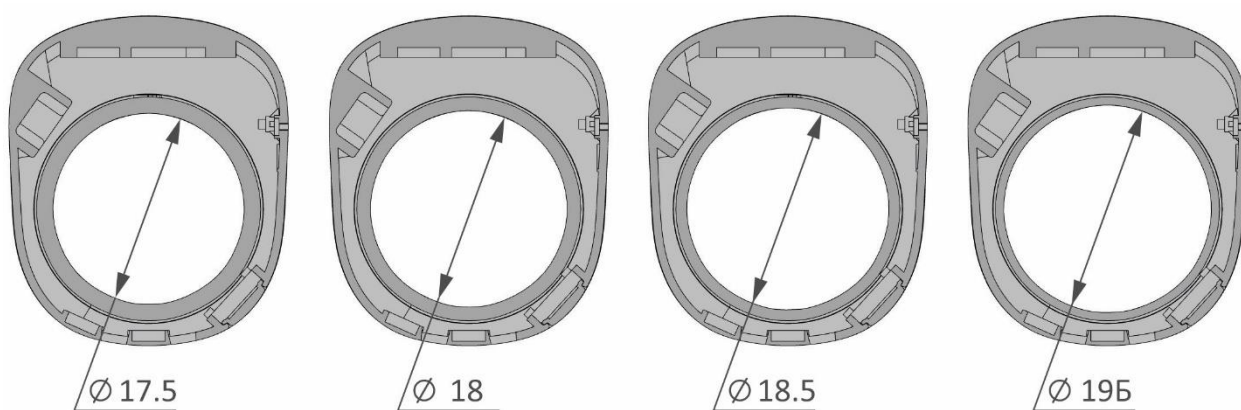


Рисунок 7.19. Увеличение толщины внутренней поверхности на примере размера 19.

Каждый размер устройства требует индивидуального подхода в проработке внутреннего объема и для расположения электронно-технических компонентов. В частности, необходимо разработать печатную плату для

каждого базового размера, что влечет за собой удорожание и временные затраты на разработку. Поэтому, в целях удешевления и ускорения производства, решено разработать один общий размер печатной платы для всех базовых размеров. Это возможно благодаря использованию технологии изготовления плат из гибких материалов с использованием упрочнителей на критических местах платы, где требуется особая прочность конструкции.

Единственным параметром платы, который должен изменяться в зависимости от размера, является его длина. Поэтому плата была разработана в соответствии с требованиями к самому большому базовому размеру – 21 мм. Для большей надежности платы решено концентрировать электронные компоненты вокруг главного микропроцессора устройства, что в совокупности образует главную часть печатной платы. Такое решение освобождает большую часть печатной платы от размещения на них электронных компонентов, как если бы они были сосредоточены по всей длине печатной платы. За счет отсутствия множества элементов в некоторых местах платы, появляется возможность согнуть ее в этих местах. Поэтому в меньшие размеры устройства (17 и 19 мм) плата размещается изгибаясь, что позволяет сохранить единое расположение кнопки и светодиода для всех размеров. На рисунке 7.20 изображена гибкая печатная плата.

Вышеописанные решения по унификации позволяют значительно ускорить процесс разработки устройства при этом удешевив производство.

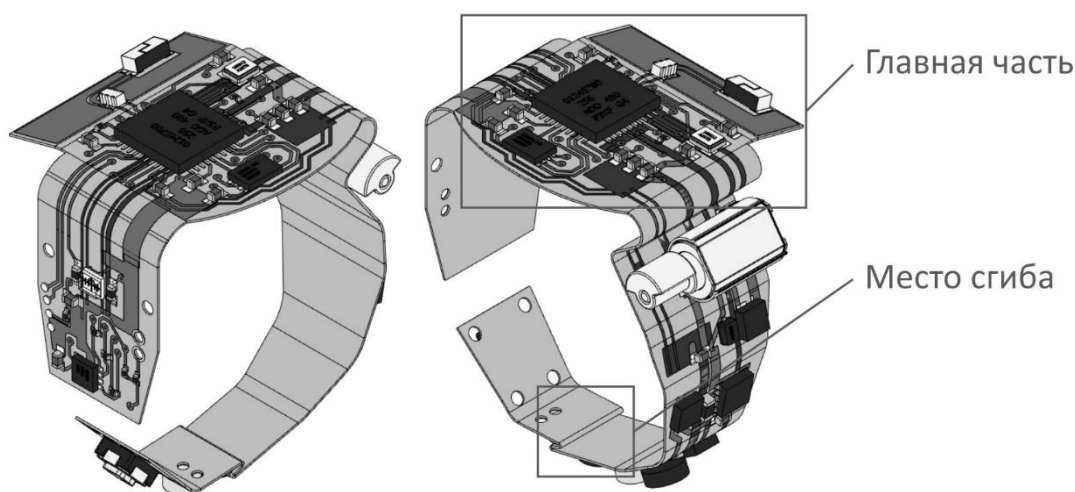


Рисунок 7.20. Гибкая печатная плата.

8 МАТЕРИАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ

При дизайн-проектировании устройств особое внимание необходимо уделять эксплуатационным условиям. Это одинаково относится к формообразованию и конечному производству устройства, начиная от используемых материалов, композиции, формы и заканчивая конструкцией, производственными и технологическими процессами изделия. [42]

Выбор материала напрямую зависит от выполняемых функций электронных устройств [26]. Он зависит не только от художественных и эстетических идей, тактильных ощущений и эксплуатационных особенностей, но и от ряда других технических параметров таких, как электрические и магнитные свойства материала. От характеристик материалов зависит работоспособность устройств, их корректное функционирование и долговечность. [43]

Выбранные материалы реализуются в форму через определенную конструкцию, которая была бы способна передать эту форму с максимальной точностью по задумке дизайнера. Конструкция, материал и форма имеют между собой тесную взаимосвязь и мельчайшее изменение одного может потребовать изменение остальных.

Вместе с тем форма имеет ряд ограничений при реализации, которые зависят от ее технологичности, т.е. от технологических и производственных процессов [26]. Некоторые формы могут быть просто не реализуемы ввиду, либо отсутствия методов этой реализации, либо нецелесообразно сложных технологических и производственных процессов. [44]

От технологичности зависит количество этапов в производстве изделия, а значит и скорость производства. От выбранного технологического и производственного процессов также тесным образом зависят эксплуатационные качества продукта, монолитность и практичность конструкции.

8.1 Критерии подбора материалов

Подбор материалов осуществляется исходя из трех основных принципов: эксплуатационный, технологический и экономический (стоимостной), которые, в совокупности, определяют экономическую и техническую целесообразность использования материала. [45]

- 1) Эксплуатационный принцип подбора – основан на учете характеристик, определяющих работоспособность устройства, а также стойкостные, силовые, скоростные и другие свойства материала, влияющие на совокупное качество его эксплуатации. К ним относятся механические, химические и физические свойства материала.
- 2) Технологический принцип подбора (технологичность материала) – учитывает параметры, влияющие на степень пригодности материала для изготовления устройства в рамках требуемого качества при минимальных затратах. Технологичность материала оценивается обрабатываемостью давлением, резанием, свариваемостью, способностью к литью и т.д. От него зависит качество и производительность изготовления деталей для изделия.
- 3) Экономический принцип подбора (стоимость материала) – оценивается экономичность использования материала. Обычно вычисляется стоимостью единицы массы материала в виде порошка, слитков, заготовок, проката, по которым изготовитель производит свою продукцию.

Основываясь на этих принципах существует следующий порядок подбора материалов: [46]

- Природа (металлы, неметаллы);
- Химическое строение и состав;
- Термодинамические характеристики;
- Физические и химические свойства;

- Механические свойства;
- Технологические свойства;
- Свойства рабочей среды;
- Экономическая целесообразность.

8.1.1 Механические свойства

Механические свойства – это способность материала сопротивляться деформации и разрушению, которые обусловлены воздействием внешних сил, а также особенность поведения материала в процессе разрушения [47]. При выборе материала для производства изделия необходимо учитывать механические свойства, которые включают в себя следующие показатели [46]:

- прочность;
- упругость;
- пластичность;
- твердость;
- выносливость.

Прочность – способность материала сопротивляться разрушению, а также изменению формы под действием нагрузок. Оценивается пределом текучести и пределом прочности. Одним из главных показателей прочности является показатель удельной прочности – отношение предела прочности к плотности материала. [46]

Предел прочности (σ_b , МПа) – временное сопротивление материала, величина, соответствующая максимальному значению нагрузки, предшествующей разрушению материала. Определяется отношением наибольшей силы нагрузки в момент разрыва к исходной площади поперечного сечения образца. [46]

Предел текучести ($\sigma_{0,2}$, МПа) – наименьшее напряжение, соответствующее пластической деформации, обычно не превышающей 0,2% и без заметного увеличения нагрузки. Предел текучести является основным параметром прочности пластичных материалов. [43]

Упругость – свойство материала к восстановлению изначальных размеров и формы после прекращения воздействия нагрузки. Оценивается пределом упругости и пределом пропорциональности. [46]

Предел пропорциональности – максимальное напряжение до нарушения пропорциональности между деформацией образца и прикладываемым напряжением. [46]

Предел упругости (σ_y , МПа) – напряжение, при котором остаточная деформация, обнаруживаемая при разгрузке образца (пластическая деформация) достигает заданного значения, установленного условиями. В основном используют значения пластической деформации равными 0,005; 0,02; 0,05% от расчетной длины образца. Предел упругости является основной характеристикой пружинных материалов, использующихся для упругих деталей изделий. [45]

Пластичность – свойство материала без разрушения принимать размеры и новую форму под действием внешних сил. Характеризуется относительным сужением и относительным удлинением. [46]

Чем больше величина относительного сужения и удлинения, тем более пластичен материал. Если эти параметры близки к нулю, то материал считается хрупким и не пригодным для использования в конструкционных целях. [46]

Усталость – характеристика материала постепенно накапливать повреждения под действием циклических нагрузок, которые приводят к изменению свойств материала, образованию трещин и разрушению.

Выносливость – свойство материала противостоять усталости

Твердость – свойство материала сопротивляться внедрению в него более твердого тела – индентора. При вдавливании индентора поверхностный слой материала испытывает пластическую деформацию, впоследствии которой остается отпечаток после снятия нагрузки. Другими словами, твердость определяет сопротивление материала пластической деформации. [43]

8.1.2 Физические и химические свойства

При практическом использовании материала наиболее важными физическими свойствами являются:

- Плотность;
- Теплопроводность;
- Теплоемкость;
- Электропроводность.

Плотность зависит от вида межатомной связи и характеризуется отношением массы материала к единице объема. [46]

Пористость – один из показателей влияющий на плотность материала. Плотность уменьшается с пористостью. Для порошковых и пористых материалов этот параметр является главным критерием качества. [47]

Теплопроводность – способность к переносу тепловой энергии в материалах от горячих участков к холодным. [46]

Теплоемкость – способность вещества при нагреве поглощать теплоту.

Электропроводность – способность материалов проводить электрический ток. Характеризуется наличием электронов или ионов, т.е. носителей заряда, и свободного их перемещения под действием электрического поля. Материалы с сильной ковалентной и ионной связью обладают свойствами диэлектрика, которые обычно обусловлены наличием примесей. [47]

Химические свойства описывают способность материалов сопротивляться окислению, либо вступлению в реакцию с различными веществами (кислород, кислоты, щелочи и т.д.). При труднее материал вступает в реакцию с другими веществами, тем меньше вероятность его разрушения.

Коррозия – процесс химического разрушения материала вследствие перехода в реакцию с компонентами другого вещества из внешней окружающей среды.

Жаростойкость – сопротивление окислению при сильном нагреве.

Эксплуатационные свойства – определяют способность материала сохранять свои свойства в зависимости от условий использования. [46]

8.1.3 Технологические и эксплуатационные свойства

Технологические свойства – это способность материала подвергаться обработке. К этим свойствам относят следующие параметры:

1) Литейные свойства – способность материала к отливке без раковин, трещин и других дефектов. Литейные свойства зависят от жидкотекучести, усадки и ликвации материала.

Жидкотекучесть – качество расплавленного материала заполнять литейные формы.

Усадка (при кристаллизации) – параметр, характеризующий уменьшение объема материала при переходе из жидкого состояния в твердое. Влияет на образование пористости и раковин в материале.

Ликвация – дает характеристику химической неоднородности состава сплавов, который возникает от особенности сплавов к кристаллизации в интервале температур, а не при одной температуре. Чем больше температурный интервал кристаллизации, тем больше ликвация.

2) Ковкость (для металлов) – способность материала в холодном или горячем состоянии без разрушения обрабатываться давлением.

3) Свариваемость (для металлов) – способность материала к образованию качественного соединения, которое близко к свойствам основного материала.

4) Обрабатываемость резанием – важнейшее технологическое свойство материалов, ввиду достаточно обширного использования различных механических обработок конструкций и деталей.

[45]

8.2 Выбор и обоснование материалов

Устройство обладает малыми размерами, что усложняет изготовление, обработку и покраску деталей корпуса. Поэтому материал, из которого должно быть изготовлено устройство, должен быть технологичным, легко подвергаться обработке и при этом обладать заданным цветом уже при изготовлении. Разумеется, для этих целей лучше всего подходят пластмассы, потому что они технологичны, обладают отличными механическими, физическими и химическими свойствами и легко поддаются обработке.

Для будущего серийного производства устройства будет использован АБС-пластик, либо поликарбонат. Оба эти пластика относятся к термопластам.

Термопласты (Термопластичные полимеры) – полимеры, которые становятся мягкими при нагреве и твердыми при охлаждении. [48]

Преимуществом термопластов является возможность переходить в вязкотекучее состояние при достаточном нагреве и в таком виде заполнять литейную форму обеспечивая высокую точность детали после остужения. У термопластов переход в вязкотекучее состояние может повторяться многократно, что обеспечивает переработку бракованных деталей, бытовых и производственных отходов от изделия. [48]

АБС-пластик (АБС-сополимер) – вид термопластов, который получают привитой сополимеризацией стирола и акрилонитрила с бутадиен-стирольным, либо бутадиеновым каучуком. Такой пластик может обладать хорошей пластичностью и эластичностью. Также, широкие возможности в рецептуре, позволили добиться вида АБС-пластиков с повышенной теплостойкостью, химической стойкостью, стойкостью к ударным нагрузкам и легкостью в переработке изделия. Вышеописанные свойства привели к широкому применению этих пластиков в автомобилестроении, радио- и электротехнике, при изготовлении труб и т.д. АБС-пластик может быть

прозрачен за счет привитой сополимеризацией стирола и метилметакрилата с каучуком. [49].

В таблице 8.1 приведены основные характеристики АБС-пластиков.

Таблица 8.1. Характеристики АБС-пластиков.

Характеристика	Значение
Прочность на разрыв (σ_b), МПа	40 – 55
Прочность на излом (σ_n), МПа	50 – 100
Удлинение на разрыв (σ_p), %	20 – 40
Ударная вязкость, кДж/м ²	50 – 60
Твердость по Бринеллю, МПа	100 – 150
Теплостойкость по Вика, °С	105 – 115
Теплостойкость по Мартенсу, °С	75 – 95
	$10^{14} - 10^{15}$
	$(6 \div 10) \cdot 10^{-3}$

АБС-пластик, обладая твердостью, неупругостью и абразивостойкостью применяется при изготовлении деталей для всевозможной бытовой электроники (телефоны, фены, телевизоры, радиоприемники и т.д.) и других бытовых вещей (канцелярские принадлежности, посуда, всевозможные детали для мебели и т.д.)

Поликарбонат – вид термопластов. Сложный полиэфир угольной кислоты и щелочного раствора 2,2-бис(3-оксифенил)пропана. Данный материал устойчив к слабым щелочам и растворам кислот. Обладает отличной жесткостью, прочностью, высокой стойкостью к ударам, стабильными свойствами в широком диапазоне температур и стоек к УФ-лучам. [48].

В таблице 8.2 приведены основные характеристики поликарбонатов.

Таблица 8.2. Характеристики поликарбонатов.

Характеристика	Значение
Прочность на разрыв (σ_b), МПа	56 – 78
Прочность на излом (σ_n), МПа	80 – 110
Прочность на сжатие (σ_c), МПа	80-120
Удлинение на разрыв (ϵ_p), %	50 – 110
Ударная вязкость, кДж/м ²	120 – 140
Твердость по Бринеллю, МПа	150 – 160
Теплостойкость по Вика, °С	105 – 115
Теплостойкость по Мартенсу, °С	75 – 95
	$10^{14} - 10^{15}$
	$(6 \div 10)10^{-3}$

Поликарбонат твердый, неупругий и прочный. Обладает высокой ударной стойкостью и относительно высокой рабочей температурой. Поэтому данный материал нашел применение при изготовлении уличных ламп, машинных корпусов, защитных касок, всевозможной посуды и т.д.

В таблице 8.3 приведены химические свойства двух выбранных термопластов, где L – означает низкое, меньше 0.1% при взвешивании после погружения на 24 ч., M – среднее, между 0.1 и 0.4%, H – высокое, более 0.4%, R – сопротивляется, A – воздействует, AO – воздействует при окислении кислотами [49].

Таблица 8.3. Химические свойства АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Поглощение воды	Кислоты		Спирты		Органические растворители
		слабые	сильные	слабые	сильные	
АБС ✓	M	R	AO	R	R	A
Поликарбонат	L	R	A	A	A	A

Как видно из вышеприведенной таблицы по химическим свойствам предпочтительнее АБС-пластик. Он обладает лучшими свойствами по стойкости к кислотам и спиртам. АБС-пластик проигрывает поликарбонату по поглощению воды, однако этот параметр не столь критичен для устройства

NIMB-R100, потому что его эксплуатация подразумевается без контакта с водой.

В таблице 8.4 приведены значения модуля ползучести для выбранных термопластов. Исходя из ее данных поликарбонат более стоек к воздействию постоянной нагрузки.

Таблица 8.4. Модуль ползучести АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Модуль ползучести, ГПа
АБС	1.12
Поликарбонат ✓	1.48

В таблице 8.5 приведены значения плотности для выбранных термопластов. Здесь поликарбонат также предпочтительнее АБС-пластика.

Таблица 8.5. Плотность АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Плотность (ρ), кг/м ³
АБС	1020 – 1070
Поликарбонат ✓	1200

В таблице 8.6 приведены электрические свойства выбранных термопластов. По этой таблице видно, что АБС-пластик обладает лучшими диэлектрическими свойствами, однако разница с поликарбонатом не велика. Поэтому относительно диэлектрических свойства предпочтительны оба варианта.

Таблица 8.6. Электрические свойства АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Удельное сопротивление, мкОм·м	Диэлектрическая постоянная (ϵ_r)
АБС ✓	10^{14}	2.4 – 2.5
Поликарбонат ✓	10^{14}	3.0
Воздух		1.0
Вода		34.5
Резина		7

В таблице 8.7 приведены значения твердости при 20°C. Как видно из данной таблицы поликарбонат чуть более твердый по сравнению с АБС-пластиком.

Таблица 8.7. Твердость АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Твердость по Роквеллу
АБС	R90 – R115
Поликарбонат ✓	M85, R120

В таблице 8.8 приведены механические свойства выбранных термопластов при 20°C. Исходя из ее данных видно, что поликарбонат более предпочтителен. Он обладает лучшими характеристиками по прочности, удлинению и максимальной температуре, при которой материал может длительно применяться.

Таблица 8.8. Механические свойства АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Предел прочности на растяжение, МПа	Модуль растяжения, МПа	Удлинение, %	Максимальная температура, °C
АБС	17 – 58	1.4 – 3.1	10 – 140	70
Поликарбонат ✓	55 – 65	2.1 – 2.4	60 – 100	120

В таблице 8.9 приведены тепловые свойства выбранных термопластов. Судя по данной таблице поликарбонат более предпочтителен, так как меньше изменяет свои размеры при увеличении температуры, требует большего воздействия тепла для нагрева, а также чуть менее теплопроводен.

Таблица 8.9. Тепловые свойства АБС-пластика и поликарбоната.

Термопласт	Температурный коэф. линейного расширения, $10^5/^\circ\text{C}$	Удельная теплоемкость, кДж/кг·°C	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°C
АБС	8 – 10	1.4 – 3.1	10 – 140
Поликарбонат ✓	4 – 7	2.1 – 2.4	60 – 100

8.3 Выбор и обоснование технологии производства

К определенным материалам и формам деталей подходят разные технологии изготовления. Например, литье может применяться для изготовления прутков, труб, различных профилей и тонких листов.

Штамповка выдавливанием – для длинных профилей, труб и тонких листов. Заливка в форму под давлением, конвейерная формовка, прессование в пресс-форму – для изделий сложной формы. [50]

Ниже представлена таблица 8.10 с основными доступными технологиями изготовления деталей из выбранных материалов.

Таблица 8.10. Технологии изготовления для АБС-пластика и поликарбоната.

Технология	АБС	Поликарбонат
Выдавливание	✓	✓
Литье под давлением ✓	✓	✓
Горячая штамповка		✓
Роторное формование ниже температуры плавления	✓	
Термоформовка	✓	✓
Литье без давления		
Изгибание и пайка	✓	✓
Пленка		

Из вышеперечисленных технологий наиболее подходящее – это заливка под давлением. Потому что только данный метод обеспечивает возможность изготовления деталей сложной геометрической формы, с различной толщиной стенок, отверстиями, ребрами жесткости и другими элементами [51]. Обычно этой технологией изготавливают детали с толщиной стенок 1-20 мм (чаще всего 3-6 мм) и массой от нескольких граммов до нескольких килограммов [48]. Однако все зависит от вида материала. Для отдельных материалов детали могут быть изготовлены и с меньшей толщиной стенок.

Литье под давлением обеспечивает высокую производительность со скоростью получения деталей 5-20 сек. Детали получаются с гладкой и чистой поверхностью, изготавливаются с высочайшей точностью и не требуют дополнительной механической обработки. [51]

9 ПРОИЗВОДСТВО ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ

9.1 Технология производства

Детали корпуса первой итерации проекта NIMB проектировались изначально для изготовления их по технологии 3D печати. Данная технология обеспечивает быстрое изготовление с высоким качеством деталей корпуса. Из множества существующих технологий единственно возможным найденным решением оказалась Multi Jet Modeling (MJM) (Метод многоструйного моделирования). [52]

MJM – технология 3D печати основанная на специальной печатающей головке, которая содержит специальные мельчайшие сопла, расположенные линейно в несколько рядов. Количество сопел варьируется от 96 до 448 шт. и зависит от модели принтера. Одно сопло выделяет одну мельчайшую каплю термопластичного материала слой за слоем, включая необходимые поддерживающие элементы. [53]

Принцип печати по технологии MJM описывается следующим образом (Рисунок 9.1):

1. Печатающая головка, двигаясь вдоль платформы построения, наносит слои жидкого материала в нужных местах.
2. Сразу за печатающей головкой следует ультрафиолетовая лампа, которая сразу засвечивает нанесенный материал, тем самым делая его твердым.
3. Платформа построения опускается вниз на высоту слоя, и операция продолжается по циклу до тех пор, пока объект печати не будет изготовлен полностью.

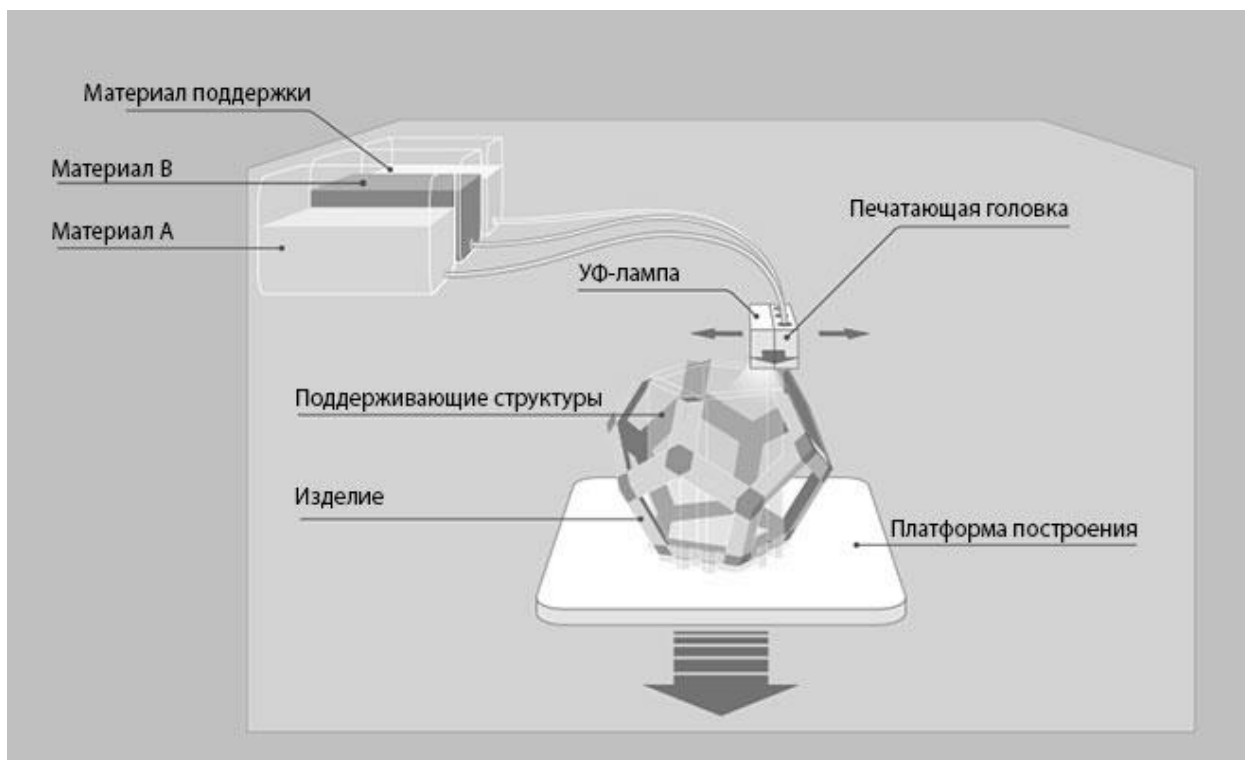


Рисунок 9.1. Принцип печати по технологии MJM.

Преимуществом технологии MJM является возможность изготовления деталей с высокой детализацией, с достаточно гладкими поверхностями, которые в отдельных случаях не требуют постобработки.

Для достижения наилучших результатов необходимо выделить у детали критически важные поверхности и расположить модель детали так, чтобы на эти поверхности минимально возводились поддерживающие структуры. Другими словами, критически важные поверхности должны быть расположены сверху. Это позволит получить гладкую поверхность с еле заметной лестничной послойной структурой. Части модели, на которых возводятся поддерживающие структуры, имеют чуть более шероховатую поверхность.

Технология MJM, согласно заявленным данным, обеспечивает точность изготовления изделий в 0.016-0.050 мм. Толщина слоя – 0.016 мм (16 микрон).

9.2 Материал

В таблице 9.1 представлены характеристики основных доступных материалов, использующихся при 3D-печати.

По приведенной таблице видно, что наиболее подходящим материалом является VisiJet M3-X, однако он не обеспечивает столь точной печати. После консультации со специалистами по 3D-печати было решено использовать материал VisiJet Crystal.

Таблица 9.1. Характеристики основных материалов для 3D-печати.

Материал	Цвет	Плотность, г/см ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности на разрыв, МПа	Модуль упругости при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	t деформации, С
Полиамид PA 2200	Белый	0.85	45	48	1700	5	182
Полиамид	Бежевый	н/д	58	48	1700		172-180
ABS-пластик	Белый, красный, синий, желтый, зеленый, черный, серый	1.05	41	22	1627	6	100
Фотополимер LS600	Оранжево-желтый	1.1	н/д	60	1800	4.39	н/д
Полноцветный песчаник (гипс)	390 тыс. цветов	н/д	44	26	10.680	0.2	н/д
VisiJet M3-X	Белый	1.04	65	49	2168	8.3	88
VisiJet M3 Black	Черный	1.02	44.5	35.2	1594	19.7	57
VisiJet M3 Crystal ✓	Полупрозрачный	1.02	49	42.4	1463	6.83	56
VisiJet M3 Proplast	Бежевый	1.02	26.6	26.2	1108	8.97	46
VisiJet M3 Navy	Синий	1.02	28.1	20.5	735	8	46
VisiJet M3 Techplast	Серый	1.02	28.1	22.1	866	6.1	46
VisiJet M3 Procast	Темно-синий	1.02	45	32	1724	12.3	н/д
VisiJet Pearlstone	Белый	1.04	н/д	40	1794	7.7	88

VisiJet Crystal – полупрозрачный фотополимерный материал на основе акрила (Рисунок 9.2), который используется при изготовлении различных объектов с помощью технологии MJM. [54]

Материал VisiJet Crystal, как и технология MJM, запатентована компанией «Projet» и может использоваться только в принтерах данной компании.

Материал считается прочным и технологичным, не требующим специальной финишной обработки. При желании, хорошо поддающимся покраске, сверлению, склейке и другим видам механической обработки. [55]

Особенностью данного материала является его прозрачность, которая часто используется для изготовления необычных объектов. В совокупности с непрозрачными материалами на выходе можно получить достаточно интересные решения (Рисунок 9.3). [56]



Рисунок 9.2. Корпус наручных часов из материала VisiJet Crystal.



Рисунок 9.3. Материал VisiJet Crystal в совокупности с непрозрачным материалом.

9.3 Производство деталей корпуса

Для изготовления деталей корпуса с помощью технологии MJM достаточно предоставить производителям трехмерную модель в формате *.stl. Отправляемая модель не должна обладать слишком большим количеством полигонов, потому что это приводит к зависанию 3D принтера. Для каждой модели оптимальное количество полигонов разное, поэтому точного требования к данному параметру нет.

Во избежание ошибочно изготовленных деталей большего, либо меньшего размера производителям отправляются данные о габаритных размерах моделей.

Изготовленные детали корпуса устройства NIMB-R100 изображены на рисунке 9.4. Благодаря высокой точности и тонкости слоев при печати изготовленная деталь обладает гладкой поверхностью без лестничной структуры и не требует постобработки.

Все допуски соблюдены, поэтому сопряжение деталей осуществляется на высоком уровне. Собранный корпус не имеет расхождений и больших зазоров, приводящих к свободному ходу деталей. На рисунке 9.5 изображен собранный корпус в двух ракурсах.



Рисунок 9.4. Изготовленные детали корпуса.

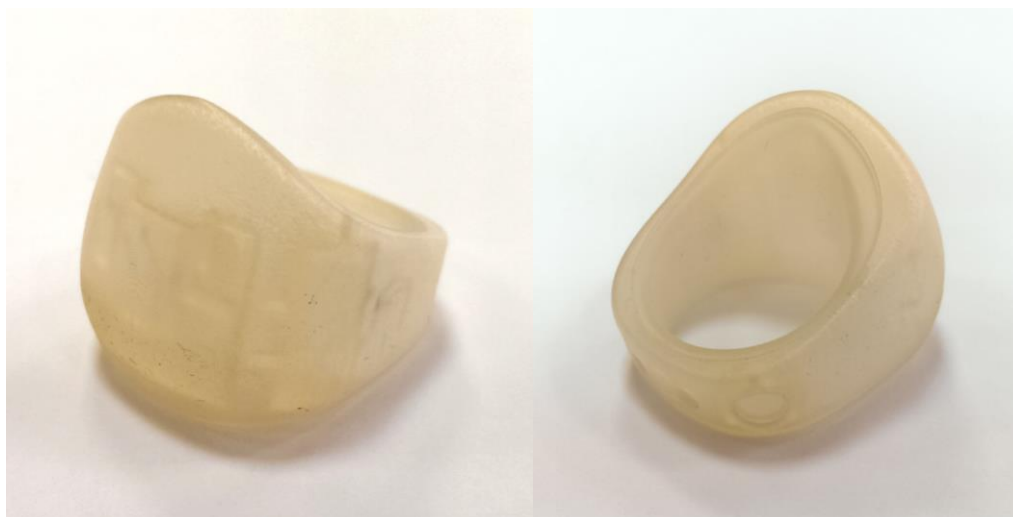


Рисунок 9.5. Собранный корпус.

Технология MJM в действительности обеспечивает возможность изготовления объектов высокой детализации, но не в заявленных значениях 0.016-0.050 мм. Компания «Projet» использует значения высоты слоев для характеристики точности изготовления, что не является корректным. Объемное изделие, имеющее мельчайшие детали (например, размером в 0.05 мм), не может считаться детально изготовленной при различных слоях. Поэтому реальная детальность печати составляет около 0.1 мм с погрешностью 0.05-0.08 мм.

В любом случае более детальной возможности печати, чем технология MJM, на сегодняшний момент не существует.

При этом использование материала VisiJet Crystal является оптимальным, если необходимо изготовить изделие из самого прочного и твердого материала в рамках возможностей 3D-печати. Материал в действительности является достаточно твердым, обеспечивающим хорошее качество поверхности и отлично поддающимся постобработке и покраске.

Изделие после печати из данного материала имеет относительно сильный кисловато-сладкий запах и покрытие, напоминающее жир. От того и другого можно избавиться с помощью простого мыла, либо средства для мытья посуды. Предварительно необходимо замочить изделия с этим средством в холодной воде примерно на 5-10 минут.

Отрицательным фактором использования материала VisiJet Crystal является высокая подверженность ультрафиолетовым лучам, под воздействием которых материал меняет цвет от полупрозрачного белоснежного до желтоватого оттенка. Поэтому, если необходимо поддерживать материал в белоснежных оттенках, необходимо хранить его в темном помещении, либо просто перекрасить.

9.4 Покраска деталей корпуса

Для покраски деталей рассматривались 3 вида краски – акриловые по стеклу, акриловые автомобильные краски и нитрокраска. Пробная покраска деталей показала, что:

- 1) Акриловая краска по стеклу ложится на поверхность с разводами, при этом непрозрачность деталей не может быть достигнута даже в несколько слоев (Рисунок 9.6а). После высыхания краски поверхность становится мягкой и липкой;
- 2) Акриловая автомобильная краска также ложится с разводами хоть и меньшими, чем при использовании акриловой краски по стеклу. Непрозрачность детали достигается после покраски в несколько слоев. Толщина слоя краски, при этом, определяется в районе 0.2 мм, что критично для столь малых допусков, спроектированных для сопряжения деталей;
- 3) Нитрокраска хорошо ложится на поверхность, без разводов и с малой толщиной слоя в районе 0.05 мм (Рисунок 9.6б). Используется для покраски автомобильных поверхностей, потому что окрашенные ею участки трудно поддаются внешнему воздействию.

Таким образом для покраски деталей выбрана нитрокраска. Окрашенные ею детали по внешнему виду близки к законченному коммерческому продукту. Поверхность гладкая и приятная на ощупь. Не смывается водой и отлично выдерживает слабые щелочи и кислоты.

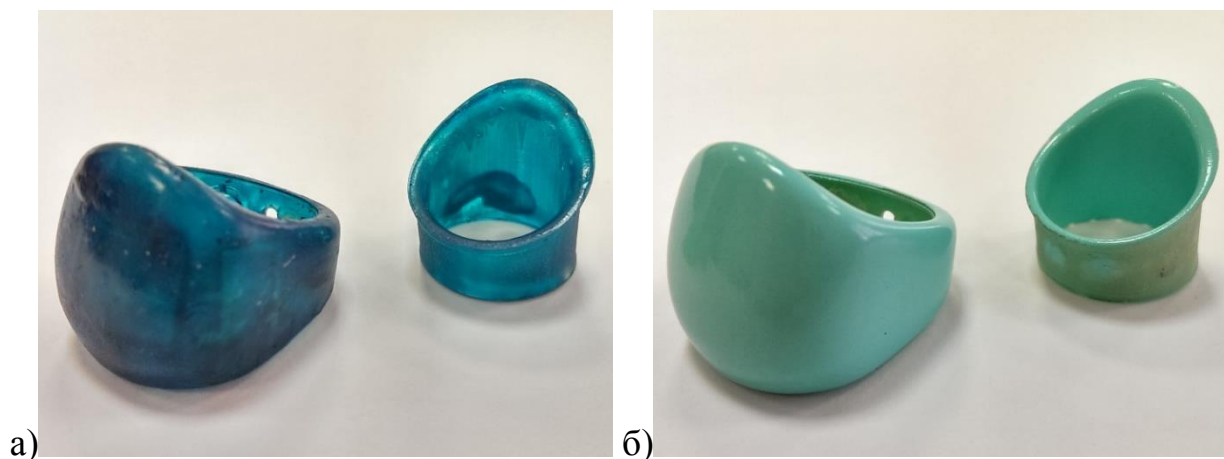


Рисунок 9.6. Пробно покрашенные детали корпуса где: а) покраска с использованием акриловой краски по стеклу, б) покраска с использованием нитрокраски.

Детали корпуса устройства должны быть покрашены согласно приложению Б. Покраска осуществляется в несколько этапов.

- 1) Прежде чем приступить к покраске деталей, необходимо очистить их поверхности от различных загрязнений. Для очистки используются любые органические растворители, которые потом следует полностью смыть водой;
- 2) Сушка деталей после очистки при комнатной температуре;
- 3) После сушки детали подготавливаются для адгезии краски с поверхностью. Подготовка осуществлялась механическим способом с помощью наждачной бумаги;
- 4) Подготовка участков деталей, которые не должны быть окрашены;
- 5) Подбор необходимых оттенков краски посредством смешивания пигментов;
- 6) Покраска деталей, которая осуществляется в несколько тонких слоев. Покраска деталей осуществляется с помощью аэрографа, который позволяет наносить краску тонким равномерным слоем;
- 7) Полное высыхание деталей при комнатной температуре в течение 24 часов;

- 8) Покрытие нитролаком деталей, которые должны иметь глянцевую поверхность;
- 9) Высыхание нитролака в течение 24 часов.

9.5 Сборка устройства

Процесс сборки устройства продемонстрирован в приложении В.

Окрашенные и собранные устройства изображены на рисунке 9.7.



Рисунок 9.7. Окрашенные и собранные устройства NIMB-R100.

10 ИСПЫТАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЛЕДУЮЩЕЙ ИТЕРАЦИИ

Готовые прототипы прошли испытания в реальных условиях, что подтвердило работоспособность и производственную технологичность. В результате испытаний был сформирован ряд предложений для реализации в следующей итерации проектирования устройства:

1. Уменьшить количество клеевых соединений.

Клеевое соединение является одним из самых дешевых и надежных методов крепления деталей, однако с точки зрения технологичности данное решение не целесообразно. При заводской сборке устройства клеевое соединение способствует увеличению времени сборки каждой единицы, что в целом пагубно сказывается на оптимизации временных, человеческих и финансовых ресурсов;

2. Заменить клеевые соединения деталей корпуса на крепежи с помощью фиксаторов. Такое решение способствует увеличению времени сборки устройства;
3. Вместо крепления электронно-технических элементов в пазы применить установку на шасси.

Устройство NIMB-R100 разрабатывалось, ориентируясь на технологии мелкосерийного прототипирования. Поэтому детали имеют сложную форму, что привело к ускорению процесса проектирования и, как следствие, получению готовых прототипов. Для изготовления серийных партий устройств формы деталей должны быть максимально технологичными и простыми, поэтому для установки компонентной базы предложено решение с использованием отдельно разработанной детали-шасси, на которую устанавливаются все внутренние компоненты устройства;

4. Заменить расположение магнитов в схеме защиты от переполюсовки. Решение с использованием магнитов для переполюсовки проявило

себя хорошо, однако требуется более надежное решение, при котором устройство бы отталкивалось от док-станции целиком;

5. Оптимизировать конструктив для производства методом литья. Следующий этап проектирования устройства должен учитывать доступные технологии изготовления и производственные мощности;
6. Конструкция устройства должна обеспечивать финальную сборку менее чем за 2 минуты в условиях конвейерного производства. Сборка прототипа осуществлялась порядка 15-20 минут, что недопустимо при серийном производстве устройства. Такое длительное время обусловлено сложной формой внешней детали корпуса, а также неудобным расположением позиционных элементов со внутренней стороны корпуса;
7. Исключить процесс покраски деталей корпуса, чтобы исключить дополнительную трату времени при производстве устройства, а также улучшить эксплуатационные качества конечной продукции;
8. Продумать возможность изготовления части устройства, которая соприкасается с кожей, из металла. Такое решение увеличит тактильные и эксплуатационные качества устройства.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович

Институт	ИК	Кафедра	ИГПД
Уровень образования	магистратура	Направление/ Специальность	Промышленный дизайн

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

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*

2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*

3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ*

2. *Разработка устава научно-технического проекта*

3. *Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*

Перечень графического материала:

1. *«Портрет» потребителя результатов НТИ*

2. *Сегментирование рынка*

3. *Оценка конкурентоспособности технических решений*

4. *Диаграмма FAST*

5. *Матрица SWOT*

6. *График проведения и бюджет НТИ*

7. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ*

8. *Потенциальные риски*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат экономических наук		

Задания принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович		

11 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

11.1 Организация и планирование работ

11.1.1 Продолжительность этапов работ

Планирование работ по магистерской диссертации заключается в определении исполнителей, составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленных задач, установлении их продолжительности и составлении линейного графика.

В разработке проекта были задействованы:

- 1) Руководитель – общее руководство, постановка задачи, проверка, контроль исполнения;
- 2) Дизайнер – анализ, проектирование, расчет, оформление текстовых документов и чертежей.

Для определения ожидаемой продолжительности работы ($t_{ож}$) решено применить вариант формулы (11.1) с двумя оценками:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (11.1)$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность заданной работы

t_{max} - самая большая продолжительность работы.

Результат расчетов на продолжительность этапов и видов работ, выполняемых при разработке, приведен в таблице 11.1.

Таблица 11.1. Перечень этапов и видов работ

Наименование работ	Загрузка исполнителей	Продолжительность		
		t_{min} , дни	t_{max} , дни	$t_{ож}$, дни
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	Р – 100%	2	4	2,8
2. Составление и утверждение технического задания	Р – 100% Д – 20%	2	3	2,4
3. Планирование работы	Р – 100% Д – 60%	1	2	1,4
4. Подбор и изучение материалов по тематике	Д – 100%	15	20	17
5. Разработка поведенческой стратегии	Д – 100%	1	2	1,4
6. Обзор аналогов	Д – 100%	2	3	2,4
7. Выбор и обоснование программного обеспечения	Д – 100%	1	2	1,4
8. Черновая компоновка	Д – 100%	2	3	2,4
9. Разработка внешнего вида	Д – 100%	10	13	11,2
10. Компоновка и конструктив	Д – 100%	20	30	24
11. Выбор и обоснование материалов, производственных решений	Р – 10% Д – 100%	3	5	3,8
12. Производство опытных образцов	Р – 10% Д – 100%	3	5	3,8
13. Испытания и рекомендации к следующей итерации	Р – 20% Д – 100%	2	3	2,4
14. Оформление документации	Д – 100%	5	8	6,2
15. Оформление графического материала	Д – 100%	5	8	6,2
16. Подведение итогов	Р – 60% Д – 100%	3	5	3,8
Общая длительность работ		77	116	92,6

Построение линейного графика требует расчетов на длительность этапов работ в рабочих днях, которые затем необходимо перевести в календарные дни. Формула (11.2) для расчета продолжительности выполнения этапов работ в рабочих днях ($T_{рд}$) приведена ниже.

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вр}} \cdot K_{д} \quad (11.2)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность работы, дни;

$K_{вр}$ – коэффициент выполнения этапов работ, который учитывает влияние возможных внешних факторов на соблюдение планов работ.

$K_{д}$ – коэффициент дополнительного времени, который необходим на компенсацию этапов согласования работ и непредвиденных задержек.

Формула (11.3) для расчета продолжительности этапов работ в календарных днях ($T_{кд}$) приведена ниже.

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (11.3)$$

где $T_{к}$ – коэффициент календарности, который позволяет от продолжительности выполнения работ в рабочих днях к календарным дням. Рассчитывается по формуле (11.4).

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (11.4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 91$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 27$).

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 91 - 27} = \frac{365}{247} = 1,48$$

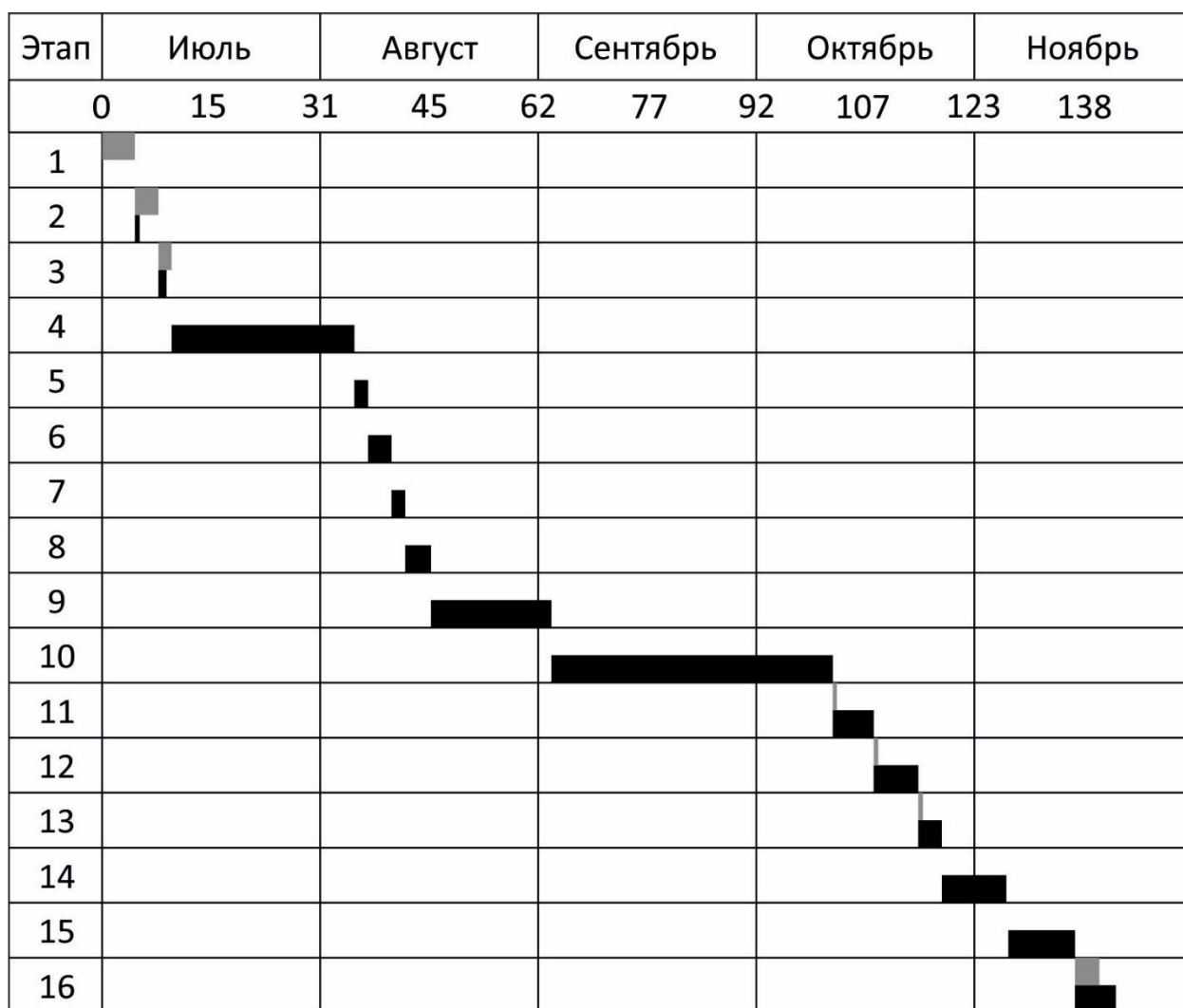
Результаты расчетов трудоемкости работ по формулам (11.2) и (11.3) для каждого из этапов работ приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2. Трудоемкость работ

Наименование работ	K_d	Трудоемкость работ			
		$T_{рд}$, дни		$T_{кд}$, дни	
		Р	Д	Р	Д
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	1,2	3,36		4,97	
2. Составление и утверждение технического задания	1	2,4	0,48	3,55	0,71
3. Планирование работы	1	1,4	0,84	2,07	1,24
4. Подбор и изучение материалов по тематике	1,1		18,7		27,68
5. Разработка поведенческой стратегии	1		1,4		2,07
6. Обзор аналогов	1		2,4		3,55
7. Выбор и обоснование программного обеспечения	1		1,4		2,07
8. Черновая компоновка	1,1		2,64		3,91
9. Разработка внешнего вида	1,1		12,32		18,23
10. Компоновка и конструктив	1,2		28,8		42,62
11. Выбор и обоснование материалов, производственных решений	1,1	0,42	4,18	0,62	6,19
12. Производство опытных образцов	1,2	0,46	4,56	0,67	6,75
13. Испытания и рекомендации к следующей итерации	1	0,48	2,4	0,71	3,55
14. Оформление документации	1,1		6,82		10,09
15. Оформление графического материала	1,1		6,82		10,09
16. Подведение итогов	1,1	2,51	4,18	3,71	6,19
Общая трудоемкость работ		11,02	97,94	16,31	144,95

Общая трудоемкость этапов работ в рабочих днях – 98. Что больше на 5 дней запланированных работ $t_{ож}$ = 93. Это объясняется необходимостью в дополнительном времени для согласования работ и непредвиденных задержек.

Линейный график выполнения этапов работ согласно календарным дням изображен на рисунке 11.1.



■ Руководитель
 ■ Дизайнер

Рисунок 11.1. Линейный график выполнения этапов работ.

11.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Накопление готовности проекта отражает степень завершенности проекта по окончании текущего (i-го) этапа работ.

Степень готовности (СГ_i) рассчитывается по формуле (11.5).

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}. \quad (11.5)$$

где ТР_{общ.} – общая трудоемкость;

ТР_i^H – накопленная трудоемкость этапа проекта i по завершении;

TP_{ij} – трудоемкость, которая выполняется j -ым участником проекта на i -ом этапе, где $j = \overline{1, m}$ – это индекс исполнителя ($m = 2$ – руководитель и дизайнер).

Результаты расчетов накопления готовности проекта приведены в таблице 11.3.

Таблица 11.3. Накопление готовности проекта.

Наименование работ	$TP_i, \%$	$СГ_i, \%$
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	3,08	3,08
2. Составление и утверждение технического задания	2,64	5,73
3. Планирование работы	2,06	7,78
4. Подбор и изучение материалов по тематике	17,16	24,94
5. Разработка поведенческой стратегии	1,28	26,23
6. Обзор аналогов	2,2	28,43
7. Выбор и обоснование программного обеспечения	1,28	29,72
8. Черновая компоновка	2,42	32,14
9. Разработка внешнего вида	11,31	43,45
10. Компоновка и конструктив	26,43	69,88
11. Выбор и обоснование материалов, производственных решений	4,22	74,1
12. Производство опытных образцов	4,6	78,7
13. Испытания и рекомендации к следующей итерации	2,64	81,34
14. Оформление документации	6,26	87,60
15. Оформление графического материала	6,26	93,86
16. Подведение итогов	6,14	100,00

11.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В затраты на разработку проекта относятся все расходы, которые необходимы для реализации всех этапов работ. В эти затраты входят следующие статьи расходов:

- 1) Материальные расходы;
- 2) Заработная плата;
- 3) Отчисления на социальные нужды;
- 4) Затраты на арендную плату;
- 5) Амортизационные расходы;
- 6) Непосредственно учитываемые расходы;
- 7) Прочие расходы.

1. Материальные расходы.

К материальным расходам относятся все покупные изделия, полуфабрикаты и другие материальные ценности, приобретенные и расходуемые непосредственно в процессе выполнения этапов работ.

Материальные расходы на выполнение проекта приведены в таблице 11.4.

Таблица 11.4. Материальные расходы

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага А3	120	2	240
Ручка	20	2	40
Блокнот	50	1	50
Простые карандаши (упаковка)	100	1	100
Бумага для принтера формата А4	250	1	250
Картридж для принтера HP Color LaserJet Pro	1500	1	1500
Итого (С_{мат})			2180

2. Заработная плата.

Заработная плата рассчитывается для исполнителей проекта с учетом трудоемкости выполнения каждого этапа работ и размера месячного оклада.

Месячный оклад для руководителя – 25 тыс. руб.;

Для дизайнера – 10 тыс. руб.

Среднедневная зарплата ($ЗП_{сд}$) рассчитывается по формуле (11.6).

$$ЗП_{сд} = \frac{ЗП_{м} \cdot 12}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} \cdot T_{рдj} \quad (11.6)$$

Где $ЗП_{м}$ – месячный оклад, руб.

$T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 91$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 27$).

$T_{рд}$ – трудоемкость в рабочих днях j-го исполнителя проекта.

Также необходимо учесть следующие коэффициенты к зарплате:

$$K_{пр} = 1.1;$$

$$K_{дзп} = 1.1;$$

$$K_p = 1.3.$$

Общий коэффициент – $K_{общ} = K_{пр} \cdot K_{дзп} \cdot K_p = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 1,57$.

Результаты расчетов заработной платы для выполнения проекта приведены в таблице 11.5.

Таблица 11.5. Заработная плата.

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэф.	З/плата, руб.
Р	25000	1214,57	11	1,57	20975,62
И	10000	485,81	98	1,57	74746,73
Итого (С_{зн})					95722,35

3. Отчисления на социальные нужды.

Компания, в которой разрабатывался объект магистерской диссертации, выплачивает налоги согласно упрощенной системе налогообложения (УСН).

УСН – это вид налогового режима, при котором организации малого и среднего бизнеса выплачивают налоги по особому порядку. [57]

Организации на УСН имеет льготу по части взносов в фонды, что позволяет платить следующие виды страховых взносов:

- 1) Пенсионный фонд – 20%;
- 2) Фонд социального страхования (страхование от несчастных случаев на производстве и проф. Заболевания) – 1%.

В таблице 11.6 приведены результаты расчетов отчислений на социальные нужды.

Таблица 11.6. Социальные нужды.

Исполнитель	Пенсионные фонд (20%)	Фонд соц. страхования (1%)
Руководитель	4195,12	209,76
Дизайнер	14949,35	747,47
Итоговая сумма (С_{соц})	20101,7	

4. Затраты на арендную плату

Арендная плата вычисляется из расчета на количество исполнителей с учетом трудоемкости разработки проекта. Затраты на электроэнергию входят в цену арендной платы.

Стоимость аренды для проекта (С_{ар}) вычисляется по формуле (11.7).

$$C_{ар} = \frac{Ц_{ар} \cdot 12}{365} \cdot T_{КДобщ} \quad (11.7)$$

где Ц_{ар} – цена аренды в месяц (50 тыс. руб.);

N_{спч} – среднесписочная численность персонала (8 человек).

$$C_{ар} = \frac{50000 \cdot 12}{365} \cdot 8 = 33082,19$$

Итого (С_{ар}) = 33082,19 руб.

5. Амортизационные расходы

Расчет амортизации осуществляется для используемого оборудования в течение разработки проекта по формуле (11.8).

$$C_{AM} = \frac{H_a \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d} \quad (11.8)$$

где H_a – годовая норма амортизации оборудования;

$C_{бс}$ – балансовая стоимость оборудования;

F_d – годовой фонд времени работы оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в течение разработки проекта;

n – число однотипных единиц оборудования, которые были задействованы для выполнения проекта.

Амортизация рассчитывается для следующих видов оборудования:

1) Компьютер руководителя (К1) – 3 года;

2) Компьютер дизайнера (К2) – 3 года;

$$H_{аК1} - 1/3 = 0,33;$$

$$H_{аК2} - 1/3 = 0,33;$$

$$C_{бсК1} - 35000;$$

$$C_{бсК2} - 50000;$$

$$F_{дК1} - 247 \cdot 8 = 1976 \text{ часов};$$

$$F_{дК2} - 247 \cdot 8 = 1976 \text{ часов};$$

$$t_{рфК1} - 11 \cdot 8 = 88 \text{ часов};$$

$$t_{рфК2} - 98 \cdot 8 = 784 \text{ часов};$$

$$n=1;$$

$$C_{амК1} = \frac{H_{аК1} \cdot C_{бсК1} \cdot t_{рфК1} \cdot 1}{F_{дК1}} = \frac{0,33 \cdot 35000 \cdot 88 \cdot 1}{1976} = 514,37;$$

$$C_{амК2} = \frac{H_{аК2} \cdot C_{бсК2} \cdot t_{рфК2} \cdot 1}{F_{дК2}} = \frac{0,33 \cdot 50000 \cdot 784 \cdot 1}{1976} = 6546,56.$$

$$C_{ам} = C_{амК1} + C_{амК2} = 7060,93$$

Итого ($C_{ам}$) = 7060,93 руб.

6. Непосредственно учитываемые расходы

В рамках выполнения проекта к расходам, учитываемых непосредственно на основе расчетных документов, относятся услуги сторонних организаций, приведенные в таблице 11.7.

Таблица 11.7. Непосредственно учитываемые расходы.

Наименование услуг	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Изготовление макетов	500	10	5000
Изготовление опытных образцов	2500	21	52500
Услуги доставки	400	2	800
Распечатка плакатов А1	400	2	800
Распечатка чертежей А3	10	2	20
Итого (С_{нр})			59120

7. Расчет прочих накладных расходов

Прочие накладные расходы – это затраты, которые не могут быть учтены в предыдущих статьях. Их принимают равным 10% от суммы всех расходов на выполнение проекта.

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{ар}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1 = \\ &= (2180 + 95722,35 + 20101,7 + 33082,19 + 7060,93 + 59120) \cdot 0,1 = 217267,17 \cdot 0,1 = \\ &= 21726,72. \end{aligned}$$

Итого (С_{проч}) = 21726,72 руб.

8. Расчет общих расходов разработки

В таблице 11.8 приведена себестоимость на разработку проекта, которая является суммой всех вышеприведенных результатов расчета.

Таблица 11.8. Затраты на разработку проекта.

Статья затрат	Условное обозн.	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	C _{мат}	2180
Основная заработная плата	C _{зп}	95722,35
Отчисления в социальные фонды	C _{соц}	20101,7
Расходы на аренду	C _{ар}	33082,19
Амортизационные отчисления	C _{ам}	7060,93
Непосредственные расходы	C _{нр}	59120
Прочие расходы	C _{проч}	21726,72
Итого		238993,89

11.3 Расчет прибыли

Для применения специальных методов расчета прибыли от реализации проекта недостаточно данных, поэтому прибыль принимается равной 20% от себестоимости на разработку проекта.

$$\text{Прибыль} - 238993,89 \cdot 0,2 = 47798,78 \text{ руб.}$$

Проект магистерской диссертации реализован компанией ООО «ИНТЭК» по заказу сторонней организации (заказчика). Прибыль от реализации проекта заложена в цену на предоставление услуги по разработке проекта. Таким образом цену можно принять равной 286792,67 руб. (238993,89 + 47798,78).

11.4 Оценка экономической эффективности разработки

Ввиду того, что результат выпускной квалификационной работы представляет собой лишь промежуточный вариант будущего коммерческого продукта, при чем перспективы его реализации и серийного производства пока четко не определены, оценка экономической эффективности данной разработки пока не целесообразно.

11.5 Оценка научно-технического уровня НИР

Расчет научно-технического уровня НИР необходим для того, чтобы оценить уровень влияния разрабатываемого проекта в научно-техническом прогрессе в данной области. Оценка осуществляется посредством метода балльных оценок.

Интегральный показатель научно-технического уровня проекта ($I_{\text{нту}}$) вычисляется на основе баллов по формуле (11.9).

$$I_{\text{нту}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (11.9)$$

где R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Баллы, выставленные по признакам научно-технического эффекта НИР приведены в таблице 11.9.

Таблица 11.9. Оценка научно-технического уровня НИР.

R_i	Фактор НТУ	Уровень фактора	Балл	Обоснование
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	5	Новый вид носимых устройств
0,1	Теоретический уровень	Анализ	2	Наличие гипотезы, объяснений и рекомендаций
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Доступность большей части требуемых технологий

Исходя из выставленных баллов показатель научно-технического уровня проекта составляет:

$$I_{\text{нту}} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 10 = 2 + 0,2 + 5 = 7,2$$

Такое значение относится к показателю выше среднего по научно-техническому уровню.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович

Институт	ИК	Кафедра	ИГПД
Уровень образования	магистратура	Направление/ Специальность	Промышленный дизайн

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p>Рабочее место с площадью 8,3 м² на человека. Освещение естественное (2 больших окна) и равномерное люминесцентное по всей площади. Предусмотрен светильник для местного освещения. Помещение с хорошей вентилируемостью. Имеются электромагнитные поля от персональных компьютеров. В нескольких метрах от помещения расположена лестница, ведущая на первый этаж к аварийному выходу. Для ликвидации возможных очагов возгораний предусмотрены средства пожаротушения.</p>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» и др.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> 	<p>Используется современный персональный компьютер, удовлетворяющий требованиям допустимого электромагнитного излучения. В помещении нет силовых кабелей, высоковольтных трансформаторов и другого оборудования, которое бы создавало помехи работе персонального компьютера.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Используется только исправное оборудование с изолированными токоведущими частями. Оборудование, розетки и выключатели используются исключительно в закрытом виде. Здание новое с проложенными проводами в отличном состоянии. Все розетки с заземлением. Для снижения статического электричества воздух в помещении увлажняется, а также используется покрытие с антистатическим эффектом.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Перечень возможных ЧС – пожар и поражение электрическим током. Разработана инструкция по технике безопасности.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Согласно конституции РФ и состоят из федерального закона и других нормативных правовых актов субъектов РФ.</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>Показатели микроклимата; Нормативные и нормируемые показатели освещения.</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
--------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент кафедры ЭБЖ</p>	<p>Пустовойтова Марина Игоревна</p>	<p>Кандидат химических наук</p>		

Задания принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ДМ41</p>	<p>Соловьев Альберт Егорович</p>		

12 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе описывается рабочее место дизайнера, а также рассматриваются возможные вредные и опасные факторы производственной среды. Разрабатывается техника безопасности для защиты работников в том числе при чрезвычайных ситуациях.

12.1 Описание рабочего места

Разработка проекта выполнялась в офисном помещении с площадью 50 м². В помещении предусмотрено 6 рабочих мест, которые имеют персональный компьютер с жидкокристаллическим монитором. Для каждой рабочей зоны уделена площадь 8,3 м², что удовлетворяет нормам согласно [58].

Помещение обладает двумя большими окнами для естественного освещения и двенадцатью решетчатыми светильниками общего освещения с люминесцентными лампами. Внутренняя отделка выполнена из диффузно-отражающих материалов.

Помещение оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации персональных компьютеров. В помещении нет промышленных силовых кабелей, высоковольтных трансформаторов и технологического оборудования, которое бы создавало помехи работе персонального компьютера.

12.2 Вредные и опасные факторы производственной среды

Вероятность получения травм в производственных помещениях остается всегда, вне зависимости от вида работ и характеризуется, как правило, опасными и вредными производственными факторами. Охрана труда должна обеспечивать безопасность жизнедеятельности работника посредством минимизации вероятности поражения физического либо морального характера. В зависимости от степени воздействия на человека вредные факторы могут стать опасными.

Согласно [59] все вредные и опасные производственные факторы можно отнести к четырем группам:

- 1) Физические факторы;
- 2) Химические факторы;
- 3) Биологические факторы;
- 4) Психофизиологические факторы.

Производственная среда в рамках разработки проекта характеризуется обычным офисным помещением без наличия станков, производственно-технологического оборудования, разрушающихся конструкций и других тяжелых сооружений. Специфика работы дизайнера большую часть осуществляется в сидящем положении за персональным компьютером. Поэтому определяющими опасными и вредными факторами, которые действуют на дизайнера при выполнении работ, являются физические факторы. К ним можно отнести следующие вредные воздействия:

- Микроклимат;
- Аэроионный состав воздуха;
- Освещение;
- Электромагнитное излучение.

Долгое практически неизменное положение дизайнера за компьютером приводит к перенапряжению мышц. Помимо этого, нагрузке подвержены нервно-психологические ресурсы, приводящие к быстрой утомляемости и снижению производительности труда. Таким образом еще одними определяющими вредными факторами являются психофизические производственные факторы, в состав которых входят:

- Статистические и динамические (физические) перегрузки;
- Монотонность труда;
- Эмоциональные перегрузки;
- Умственные нагрузки;
- Нагрузки органов чувств.

Вышеописанные факторы при длительном воздействии могут привести к ухудшению состояния здоровья человека, например, к снижению чувствительности органов зрения, дыхания, обоняния, осязания, а также к утомляемости, нервному напряжению, головным болям и психологическим травмам.

12.3 Техника безопасности

1. Микроклимат.

Микроклимат характеризуется такими показателями помещения, как температура воздуха, температура поверхностей, влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения. Совокупность данных показателей должна обеспечивать сохранение температурного баланса работника с окружающей средой, а также поддерживать допустимое и оптимальное тепловое состояние организма [60].

Работа дизайнера относится к категории 1а (уровень энергозатрат до 139 Вт), потому что производится сидя за компьютером и сопровождается малым физическим напряжением. Для производственного помещения, в соответствии с данной категорией работ, должны соблюдаться оптимальные санитарно-эпидемиологические нормативы микроклимата, приведенные в таблице 12.1.

Таблица 12.1. Оптимальные показатели микроклимата.

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплый	23-25	22-26	40-60	0,1

В случае, если оптимальные показатели не могут быть достигнуты по техническим, экономическим причинам, либо по технологическим требованиям, то устанавливаются допустимые показатели микроклимата, приведенные в таблице 12.2.

Таблица 12.2. Допустимые показатели микроклимата.

Период года	Температура воздуха, °С		Скорость движения воздуха, м/с	
	Ниже опт.	Выше опт.	Ниже опт.	Выше опт.
Холодный	20-21,9	24-25	0,1	0,1
Теплый	21-22,9	25,1-28	0,1	0,2

Допустимые величины показателей микроклимата не вызывают нарушений состояния здоровья, однако могут привести к локальному, либо общему ощущению теплового дискомфорта, ухудшению самочувствия и, как следствие, понижению работоспособности.

В помещении, в силу технологических причин не может быть обеспечены оптимальные величины показателей микроклимата. Допустимые показатели поддерживаются посредством естественной вентиляции, вытяжной вентиляции и центральным отоплением. Также проводится ежедневная влажная уборка и проветривание помещения после каждого часа работы.

2. Аэроионный состав воздуха.

Аэроионный состав воздуха влияет на степень комфорта дыхания работника. При наличии в помещении мебели, изготовленной из синтетических материалов, оборудования, которое способно создавать электростатические поля, либо аэроионизаторов и деионизаторов, в воздухе может нарушиться баланс ионов, что приведет к чувству тяжелого, спертого воздуха [61].

В таблице 12.3 приведены нормируемые показатели аэроионного состава воздуха.

В помещении, где разрабатывался проект, мебель изготовлена из натуральных материалов, а также покрытие полов имеет антистатический эффект. Для поддержания комфортных показателей аэроионного состава воздуха в помещении проводится ежедневная влажная уборка.

Таблица 12.3. Нормируемые показатели аэроионного состава воздуха.

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов, г (ион/см ³)		Коэффициент униполярности, У
	Положительные	Отрицательные	
Минимально допустимые	$\rho^+ \geq 400$	$\rho^- > 400$	$0,4 \leq У < 1,0$
Максимально допустимые	$\rho^+ < 400$	$\rho^- \leq 400$	

3. Освещение.

Освещение влияет на визуальный комфорт работы. При неправильном освещении напрягаются зрительные органы, что приводит к дискомфорту и повышенной утомляемости работника. Существует три вида освещения – естественное, искусственное и комбинированное.

Требования к освещению описываются в [62], которые отталкиваются от характеристик зрительной работы, систем освещения и контраста объектов между собой с фоном.

Специфика работы дизайнера относится к III разряду зрительных работ с подразрядом высокой точности «г». Нормированные показатели освещенности для данного разряда приведены в таблице 12.4. Нормируемые показатели освещенности при работе с персональным компьютером согласно [63] приведены в таблице 12.5.

Таблица 12.4. Нормативные показатели освещенности.

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещенность, лк		
						При комбинированном освещении		При системе общего освещения
						всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний и большой <<	Светлый << средний	400	200	200

Таблица 12.5. Нормируемые значения освещённости при работе с ПК.

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещённости, К _п , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении		
всего	от общего									
Помещения для работы с дисплеями, залы ЭВМ	Г – 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10
	Экран монитора: В – 1,2	-	-	-	-	-	-	200	-	-

Для обеспечения комфортного освещения рабочее место дизайнера располагается так, чтобы естественный свет на монитор падал преимущественно с левой стороны. Также предусмотрено искусственное освещение с равномерным общим распространением света. В случаях работы с документами предусмотрено комбинированное освещение, когда наряду с общим освещением дополнительно используется светильник для местного освещения.

В качестве искусственных источников освещения используются люминесцентные лампы с зеркальными решетками для обеспечения общего равномерного распространения света и светильники со светодиодными лампами для местного освещения. Люминесцентное общее освещение расположено сбоку от рабочих мест. Температура свечения осветительных приборов около 6500-6800 К.

Для обеспечения вышеописанных норм осуществляется своевременная замена не работающих ламп, проводится уборка и чистка окон два раза в год.

4. Электромагнитное излучение.

Воздействие электромагнитного излучения на человека приводит к утомляемости и раздражительности работника, а при длительном воздействии

способно привести к ухудшению состояния здоровья. В помещении основными источниками электромагнитного излучения являются мониторы и системные блоки персональных компьютеров. При этом мониторы являются более мощными излучателями электромагнитных полей.

В таблице 12.6 приведена допустимая напряженность электромагнитного поля вокруг персонального компьютера [58].

Таблица 12.6. Допустимая напряженность электромагнитного поля.

Параметры		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м

При разработке проекта использовался современный персональный компьютер, удовлетворяющий требованиям допустимого электромагнитного излучения.

Пожаробезопасность.

Обеспечение пожарной безопасности осуществляется с помощью комплекса технических и организационных мероприятий исходя из категории здания и помещения по пожарной опасности.

Помещение, в котором осуществлялась разработка проекта, относится к категории «Д», потому что в нем нет горючих и взрывоопасных веществ. Все материалы в холодном состоянии. [64]

Таким образом пожарная безопасность обеспечивается следующими способами:

- 1) Имеется пожарная сигнализация;
- 2) Используется только исправное оборудование с документами, которое отключается по окончании работ;
- 3) Помещение находится в новом здании с проложенной проводкой в отличном состоянии;
- 4) Помещение в постоянном порядке без блокировки прохода к выходу;
- 5) Курение в помещении, как и в здании – запрещено;

- б) Проводится периодический инструктаж по пожарной безопасности, а также назначен ответственный за пожарную безопасность.

В случае пожара в нескольких метрах от помещения расположена лестница, ведущая на первый этаж к аварийному выходу. Для ликвидации возможных очагов возгораний предусмотрены средства пожаротушения согласно [65].

Электробезопасность:

Поражение электрическим током влечет за собой термическое, электрическое и биологическое действия, что может привести к серьезным травмам. Во избежание поражения используется только исправное оборудование с изолированными токоведущими частями.

Для предотвращения поражения электричеством любое оборудование, розетки и выключатели используются исключительно в закрытом виде.

В помещении для питания персональных компьютеров и другого оборудования используется напряжение 220 В. Такое напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие предосторожности:

- 1) Запрещается включать в электросеть оборудование со снятыми крышками корпуса;
- 2) Запрещается оставлять без присмотра оборудование, включенное в электросеть;
- 3) При неисправности оборудования необходимо выключить его из электросети и сообщить об этом ответственному за оборудование и безопасность;
- 4) Запрещается рабочее место загромождать лишними предметами;
- 5) При поражении электрическим током необходимо незамедлительно отключить питание оборудования, оказать первую помощь пострадавшему и вызвать скорую помощь;
- 6) Работа может быть продолжена только после устранения причины поражения током;

- 7) По окончании рабочего дня ответственный за безопасность должен проверить и выключить все оборудование.

12.4 Инструкция по технике безопасности

Требования безопасности перед началом работы:

- 1) Открыть дверь.
- 2) Включить освещение.
- 3) Убедиться, что рабочее место соответствует виду, в котором было оставлено перед уходом.
- 4) Проверить наличие любого нового оборудования, которого не было перед уходом. В случае обнаружения не предпринимать самостоятельных действий. Незамедлительно сообщить ответственному за технику безопасности предприятия.
- 5) Проверить силовые кабели на целостность.
- 6) Проверить на исправность местное и общее освещение.
- 7) Включить источник бесперебойного питания.
- 8) Включить персональный компьютер.
- 9) Приступить к работе.

Требования безопасности во время работы:

1. Следить за собственной утомляемостью. При признаках усталости необходимо сделать перерыв на 15 минут (не чаще одного раза в час) в течение которого следует выполнить упражнения для глаз, а также расслабляющую гимнастику для пальцев, шеи, рук и ног.
2. Если необходимо отлучиться с рабочего места, необходимо:
 - 1) заблокировать компьютер;
 - 2) расположить табличку «Не выключать» около монитора;
 - 3) если в помещении никого кроме нет необходимо закрыть дверь на ключ.

Требования безопасности в аварийных ситуациях:

1. В случае аварийного отключения электроэнергии:

- 1) сохранить открытые файлы;
- 2) завершить работу компьютера;
- 3) отключить источник бесперебойного питания.

2. При пожаре:

- 1) отключить источник бесперебойного питания;
- 2) быстро, без паники покинуть помещение в соответствии с планом эвакуации.

3. При поражении электрическим током:

- 1) отключить источник тока;
- 2) при невозможности выполнения предыдущего пункта необходимо отделить пострадавшего от источника тока с помощью сухой палки или электрозащитных средств, либо схватив его за сухую одежду;
- 3) оказать первую помощь пострадавшему;
- 4) вызвать скорую помощь.

Требования безопасности по окончании работы:

- 1) Сохранить файлы.
- 2) Завершить работу компьютера.
- 3) Выключить источник бесперебойного питания.
- 4) Отсоединить внешние носители информации (при наличии).
- 5) Выключить освещение.
- 6) Закрыть дверь на ключ.

Ответственность за невыполнение инструкций:

За несоблюдение инструкции безопасности работник предприятия несёт персональную ответственность.

В случае, если несоблюдение инструкции работника повлекло за собой материальный ущерб предприятию, то сотрудник обязан его возместить.

В случае, если действия или бездействие работника привели к гибели людей, то ответственность несёт лицо, которое указано в уставе организации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате дизайн-проектирования и конструкторского исполнения разработаны: оригинальный корпус, трехмерные модели и изготовлены опытные образцы устройства NIMB-R100 посредством технологии 3D печати. Корпус состоит из внешней детали, внутренней детали, кнопки и линзы. Внешняя деталь обеспечивает надежное позиционирование внутренних компонентов посредством посадочных мест, пазов и стоек с соблюдением допусков. Сопряжение деталей корпуса осуществляется на основе выступов. Обеспечена защита от переплюсовки с использованием неодимовых магнитов, расположенных таким образом, чтобы отталкивать устройство в случае неправильной установки на док-станцию. Выполнена декоративная отделка корпуса с покрытием нитрокраски и нитролака посредством технологии аэрографии.

Для изготовления опытной партии устройств была использована технология 3D печати. В качестве базовой технологии был применен метод многоструйного моделирования, который является одним из самых точных видов печати. Благодаря этой технологии можно изготовить опытные образцы высочайшей точности, либо достаточно мелкие по размеру.

Данная технология производства ввиду дороговизны и длительности процесса не подходит для выпуска больших партий устройств. Однако, с задачей изготовления мелкой партии опытных образцов, предназначенных для испытаний, технология 3D-печати справляется, что позволяет анализировать результаты испытаний и вносить необходимые изменения перед передачей устройств в серийное производство.

В качестве базовой технологии был применен метод многоструйного моделирования, который является одним из самых точных видов печати. Благодаря этой технологии можно изготовить опытные образцы высочайшей точности, либо достаточно мелкие по размеру.

В качестве основного материала для изготовления корпусов методом многоструйного моделирования был выбран материал VisiJet Crystal, который является одним из самых прочных, твердых и одновременно хорошо поддающихся обработке материалов. Обработанное и окрашенное изделие, выполненное из материала VisiJet Crystal пригодно для демонстрации в качестве опытного образца.

Опытные образцы были протестированы в реальных условиях что подтвердило их работоспособность и производственную технологичность. В результате испытаний и анализа прототипов сформулированы следующие проблемы и задачи для решения в следующей итерации:

1. Уменьшить количество клеевых соединений;
2. Заменить клеевые соединения деталей корпуса на крепежи с помощью фиксаторов;
3. Вместо крепления электронно-технических элементов в пазы применить установку на шасси;
4. Заменить расположение магнитов в схеме защиты от переплюсовки;
5. Оптимизировать конструктив для производства методом литья;
6. Конструкция устройства должна обеспечивать финальную сборку менее чем за 2 минуты в условиях конвейерного производства;
7. Исключить процесс покраски деталей корпуса;
8. Продумать возможность изготовления части устройства, которая соприкасается с кожей, из металла.

Обнаружить многие из вышеописанных проблем без прохождения первой итерации не было возможным.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Соловьев А.Е. Проблема поступления в магистратуру по специальности 072500 «Дизайн» при наличии высшего образования другого направления
URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V2/113.pdf>
[Электронный ресурс] / Соловьев А.Е., Радченко В.Ю. // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК); под ред. Т. Е. Мамоновой [и др.]. – 2016. – Т. 2. – [С. 239-240].
2. Соловьев А.Е. Проблема выбора материалов с учетом их характеристик при дизайн-проектировании электронных устройств
URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10008505
[Электронный ресурс] / Соловьев А.Е., Вехтер Е.В., Радченко В.Ю., // Научный журнал: Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10–3. – [С. 458-461].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трофимов В.А., Шарок Л.П. Основы композиции. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2009. – 42 с.
2. Steve McConnel. Code Complete. Second Edition. Microsoft Press. Redmond, Washington, 2004 – 915 p.
3. Eckert, C. & Clarkson, J. The Reality of Design. Design process improvement. A review of current practice. – London: Springer, 2005. – 1-33 pp.
4. Brezing, A. N. Planung innovativer Produkte unter Nutzung von Design- und Ingenieurdienstleistungen. Aachen: Shaker. – 2006.
5. Reese, J. Der Ingenieur und seine Designer: Entwurf technischer Produkte im Spannungsfeld zwischen Konstruktion und Design. Berlin: Springer. – 2005.
6. Kranke, G. Technisches Design: Integration von Design in die universitäre Ausbildung von Ingenieuren. Munchen: Hut. – 2008.
7. What is Industrial Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: idsa.org/education/what-is-industrial-design
8. Княгинин В.Н. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления «дизайн-барьера». Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012. – 80 с.
9. Юревич Е.И. Основы проектирования техники. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012. – 135 с.
10. Большая политехническая энциклопедия. – Москва: Мир и образование, 2011. – 704 с.
11. Политехнический словарь. – Москва: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.
12. Deloitte Consulting LLP. Tech Trends 2014. Inspiring Disruption. Deloitte: Deloitte University Press, 2014. – 143 p.
13. MaES Discovery District. Wearable Tech: Leveraging Canadian Innovation to Improve Health, 2014. – 45 p.

14. Arrington C., *Alternative Computing Devices Report Series: Wearable Computing*, tech. report #W19020, Int'l Data Corp., Framingham, Mass., 1999.
15. PricewaterhouseCoopers. *The Wearable Future. Consumer Intelligence Series*, 2014. – 50 p.
16. Spence E. *2014 Will Be The Year Of Wearable Technology 2013*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: forbes.com/sites/ewanspence/2013/11/02/2014-will-bethe-year-of-wearable-technology/.
17. PSFK Labs, IQ by Intel. *The Future of Wearable Tech. Key Trends Driving The Form and Function of Personal Devices*, 2014. – 31 p.
18. WiFore Wireless Consulting. *The Market for Smart Wearable Technology. A consumer Centric Approach*, 2015. – 63 p.
19. Bonnie Nichols. *Valuing the Art of Industrial Design*. – NEA Office of Research & Analysis, 2013. – 56 p.
20. Smarty ring smartring challenges pebble and other smartwatches [Электронный ресурс]. – Режим доступа: androidauthority.com/smarty-ring-smartring-challenges-pebble-smartwatches-323920/
21. Oura [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ouraring.com
22. Ring Zero [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ringzero.logbar.jp
23. Ringly [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ringly.com
24. Mota [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mota.com
25. NFC Ring [Электронный ресурс]. – Режим доступа: nfcring.com/
26. Кухта М.С., Куманин В.И., Соколова М.Л., Гольдшмидт М.Г. *Промышленный дизайн. Учебник для вузов*. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 212 с.
27. Александрова В.В., Зайцева А.А. *3D моделирование и 3D прототипирования сложных пространственных форм в рамках технологии когнитивного программирования*.
28. Терехова Н.Ю., Сафин Д.Ю. *Современные технологии 3D-моделирования и быстрого прототипирования оборудования и его элементов*.

- Методическое пособие к выполнению практического занятия «Моделирование оборудования и технологических процессов машиностроения кафедры «Промышленный дизайн» МТ-9 МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Москва: Кафедра «Промышленный дизайн» МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013 – 19 с.
- 29.Меженин А.В. Технологии 3D моделирования для создания образовательных ресурсов. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: СПбИТМО, 2008. – 112 с.
- 30.Шишкин В.В., Гераськина С.Т., Шишкина О.Ю. Трехмерное моделирование в среде Blender. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 185 с.
- 31.Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. Научное издание. – Москва: Издательство Физико-математической литературы, 2002. – 472 с.
- 32.Тозик В.Т., Меженин А.В., Звягин К.А. 3ds Max. Трехмерное моделирование и анимация на примерах. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 880 с.
- 33.Булгаков Д.А., Никитина А.А., Решетникова Н.Н. Основы разработки 3D-сцен в пакете 3Ds Max. Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Санкт-Петербург: СПбГУАЭ, 2012. – 44 с.
- 34.Концевич В.Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor. Учебное пособие. – Киев, Москва: ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. – 672 с.
- 35.Сергеев Е.М. Введение в систему автоматизированного проектирования САТІА V5. Часть 1 – Проектирование деталей. Практикум. – Нижний Новгород: ННГУ, 2013. – 71 с.
- 36.Роготнева Е.Н. Методология и проектирование в промышленном дизайне. Курс лекций. – Томск: ТПУ, 2014.
- 37.Ильин О.В. Проектирование в промышленном дизайне. Учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург: ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2008. – 21 с.

- 38.Новиков В.П., Павлов В.С. Ручное изготовление ювелирных украшений. Учебное пособие. – Санкт Петербург: Политехника, 1991. – 208 с.
- 39.Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах. Учебное пособие. 2-е издание, перераб. и доп. – Санкт Петербург: СПбГТУ, 2001. – 219 с.
- 40.Villeneuve Jean-Jacques. Assemblage par collage. – Paris: Dunod, 2005. – 384 p.
- 41.Большая советская энциклопедия. – Москва: Советская энциклопедия, 1969-1978 – 450 с.
- 42.Pahl, G., Beitz, W., Blessing, L., Feldhusen, J., Grote, K.-H. & Wallace, K. Engineering Design: A Systematic Approach (Third Edition.). London: Springer. – 2007.
- 43.Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. Материаловедение. Учебник для вузов. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.
- 44.Manzini Ezio. The Material of Invention: Materials and Design. – The MIT Press, 1989.
- 45.Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. Материаловедение. Учебник для вузов. – Москва: Машиностроение, 1976. – 384 с.
- 46.Сажин В.Б. Иллюстрации к началам курса «Основы материаловедения». Учебное пособие для вузов. – Москва: ТЕИС, 2005. – 156 с
- 47.Арзамасов В.Б., Черепихина А.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. – Москва: Академия, 2007. – 446 с.
- 48.Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. Основы технологии переработки пластмасс. Учебник для вузов. – Москва: Химия, 2004. – 600 с.
- 49.Брацыхин Е.А., Шульгина Э.С. Технология пластических масс. Учебное пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Химия, 1982. – 328 с.
- 50.Bolton W. Engineering materials. Pocket book, 3rd edition. – Reed Educational & Professional publishing Ltd, 2000. – 320 p.

- 51.Прейс Г.А., Сологуб Н.А. Учебник. 2-е издание, перераб. и доп. – Киев: Выща школа, 1991. – 391 с.
- 52.Multi-jet Modeling или метод многоструйного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: can-touch.ru/blog/mjm
- 53.Технология 3D-печати MJM (Multi Jet Modeling) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/mjm
- 54.VisiJet M3 Crystal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 3d.globatek.ru/3d_printing_materials/fotopolymer/visijet_m3_crystal
- 55.VisiJet Crystal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 3dsol-model.ru/3d-pechat/materialy/visijet-crystal
- 56.VisiJet Crystal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: can-touch.ru/materials/fotopolimer
- 57.Упрощенная система налогообложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: nalog.ru/rn03/taxation/taxes/usn/
- 58.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 59.ГОСТ 12.0.003-74 Классификация опасных и вредных производственных факторов.
- 60.СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 61.СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений.
- 62.СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 63.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- 64.Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- 65.Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Раздел (1.1, 2.1, 2.2, 3, 4.1, 4.2)

(Актуальность, функционал устройства, эксплуатация устройства, обзор аналогов, основы трехмерного моделирования, выбор и обоснование программного обеспечения)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Соловьев Альберт Егорович		

Консультант кафедры ИГПД:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИГПД	Казакова Оксана Александровна	Кандидат технических наук		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепотовский Денис Владимирович			

1. Relevance

The development of human civilization is based on the level of technological development. Technology develops gradually through evolution, improvement, alternate revolutionary and abrupt transition to qualitatively new kinds of technologies. At the beginning of the 21st century, the general pattern of development expressed in miniaturization. [9]

Miniaturization is direction in development of devices with reduced overall dimensions and weight, which is achieved using miniature components and denser mounting technologies. [10] Miniaturization achieved while increasing reliability and the level of design and manufacturing automation processes. [11] This trend is particularly pronounced in the wearable devices.

Wearable devices, wearable computers, wearables are special kind of portable devices, designed for use as clothing or accessory. [12] These wardrobe items have additional qualities that allow people to use them also as a technical device. Wearable devices have some computing power and often have one or more sensors that are built into a body and on appearance reminds watches, sunglasses, clothes, contact lenses, and jewelry. [13]

In 1999, analysts predicted that some forms of wearable devices would become widely distributed in the next few years. However, there was no consensus on the forms of these devices and their functionality. [14]

Today, there are many kinds of wearable devices, that we can already find a device for almost any part of a body. [15] The popularity of wearable devices is only growing now. The Forbes declared that 2014 is «The Year of Wearable Technology». [16]

According to research conducted in 2014 by «PSFK» jointly with «Intel», in 2016 the development of wearable devices will be focus on the scope of jewelry, eyewear and clothes. In 2017, there will be many complex devices in a form factor of jewelry and clothing, and first devices embedded under the skin will appear. The year of 2018 will be focused more on the development of portable devices embedded inside the human. [17]

The market of wearable devices with the passage of time will only grow, although the growth opportunities of different sectors are very different. In 2013 from around \$600 million, it accelerates. In 2014 it reached just over \$4 billion and exceed \$14 billion in 2017, and then will grow twice to \$30 billion in 2020. Almost half of that will probably come from companies that are not players in today’s consumer electronics market. This rapid increase is explained by emergence of new players on the market that were not previously engaged in manufacturing of such devices. Figure 1.1 shows a graph of global revenue from wearable devices in the period from 2014 to 2020. [18]

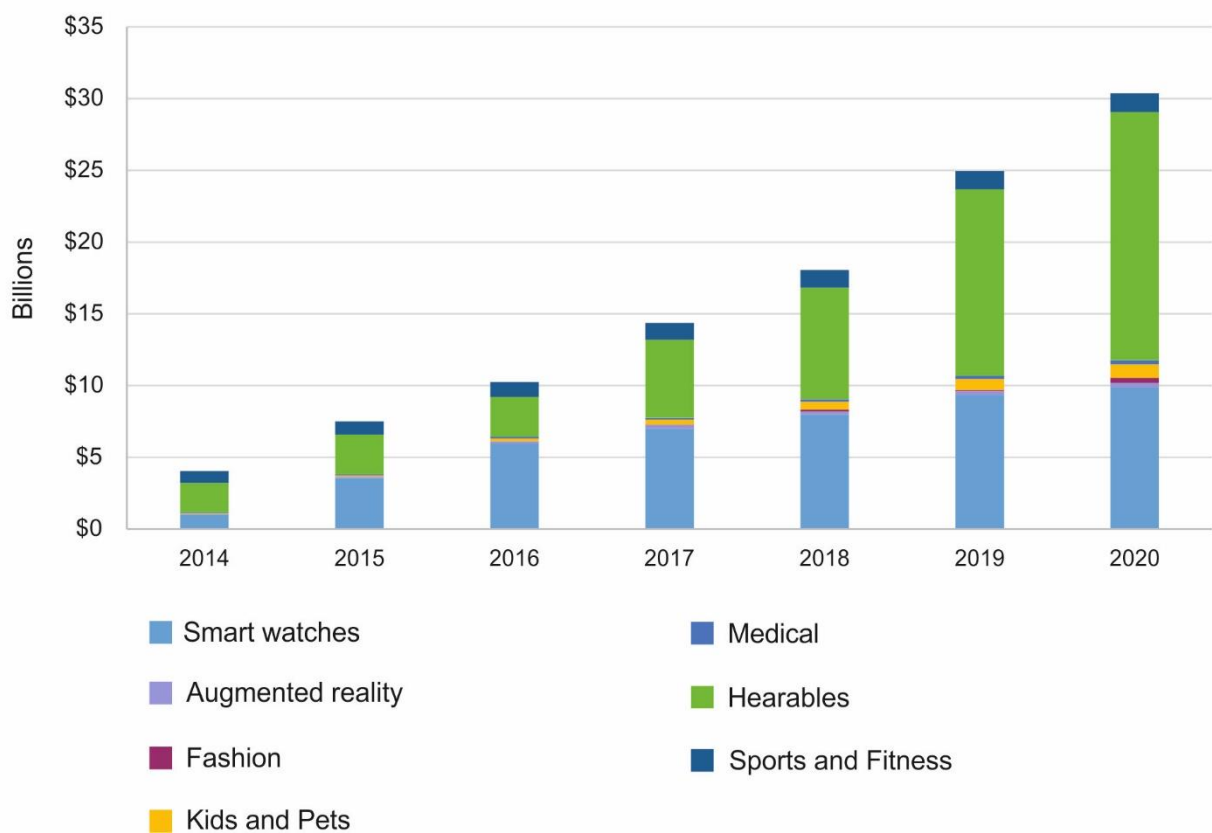


Figure 1. Global revenue from wearable devices.

As can be seen from the above graph the development of each separate category of wearable devices is only grows with time.

The device NIMB-R100 is a new type of wearable devices, which should have a minimum ergonomic size because of its form factor.

2. The device functional

The device has a button which by pressing sends an alert signal via Bluetooth-module to the user's mobile phone. Mobile phone must be located within the radius of Bluetooth signal.

After the alert signal reception, a mobile device uses an available communication channel and sends owner location coordinates, happening information and a technical status of the device to a special cloud server. From this cloud server information can be transfer in accordance with wishes of the user. These wishes are configured in a preinstalled application on the user's mobile phone.

The alarm signal is sent in following variants:

- 1) By voice, text message or special software interface to an emergency response services operator (112, 911 or other local emergency services);
- 2) By text or voice message to a trusted user's mobile phone. Trusted users are additionally specified in the application. It is possible to repeat sending an alert signal, if trusted person does not acknowledge receipt of the signal;
- 3) By text message or a push-notification to the application to system users located at some distance from the alert signal sender. It is also possible to send the signal to private security company for analysis and decision support measures.

3. The device operation

Industrial designer, using creative approach in design process creates not just a product, but also its operational features. This fact was called "design thinking" - the idea which used design engineering process as a method of analysis and the development of innovation in many industrial trends. For example, an industrial designer can create not just high-tech medical devices, but also principle of using. It is possible investigate the features of operation and personnel interaction with a patient afterwards. [19]

The NIMB-R100 is a device in the ring form factor and is wearable on a finger. The device is in standby mode and is worn on a finger as an accessory in safe operating conditions. In this mode, the device can operate for a couple of weeks and then report need for charging by means of tactile and visual indication.

For charging, the device must be installed on a docking station, which connects to 220V. There are special seats in docking station, which allow you to position the NIMB-R100 reliably without special snap elements. In this way, the positioning device on the docking station does not require an extra concentration and is carried out as quickly as possible.

In the case of emergency situation, when the user feels anxiety and possible aggression towards themselves, the user activates the device by pressing a panic button. After activation, the device enters alert mode. In this mode, it collects all the necessary information related to location and sends a notification according to the settings previously made in the application. By default, notifications are sent to close people, emergency services and the police. Device activation is invisible to an attacker, which is due to ring form factor. This allows to reach a panic button by finger of the same hand, where the device wearing.

Operation is possible in any season of the year, due to the operating temperature range from -40 to + 55°C and maximum humidity of 95%. IP54 protection class allows you to wear the device in the rain. Device activation can be defined in glover because of panic button have enough strength and way of press.

The above type of devices in the world market is relatively recent and has an unofficial category of "smart ring". The first versions of these devices appeared in late of 2013, when a young company from India presented a concept of «Smarty Ring» in "Indiegogo".

By description, the device is capable of displaying the time and the notification from the mobile phone works on «Android» operating system or «iOS». Displaying is possible due to LED display that established on the device. “Smarty Ring” also has a stopwatch and timer functions. There are three buttons in the ring which you can manage mobile phone, namely: answer or reject calls, calls to a preprogrammed phone numbers, music player control and camera application launch. The device works in conjunction with installed application on mobile phone.

[20]

4. Analogs review

«OURA».

According to the manufacturer, the «Oura» ring can optimize physical and mental performance, namely: can improve sleep quality, ensure optimum relaxation, help regulate some daily activities, and may help in the choice of those or other decisions related to physical activity. [21] This is due to the presence of accelerometer, heart rate and body temperature sensors. The ring in pair with mobile phone and installed application collects all necessary data, then analyze them and make recommendations. The appearance of the ring is shown in Figure 4.1.



Figure 4.1. «Oura» ring.

The ring has scratch-resistant body with ergonomic symmetrical form made of a natural material - zirconium. The inside of the ring, which is in contact with a finger, is made of hypoallergenic medical silicone, which provides continuous access to body signals.

The device is implemented in three colors - glossy white, glossy black and matte black, and eight size options, divided by US standard from 6 to 13, which is about 17-23 mm.

The device body construction is made of external solid detail and inner detail (Figure 4.2). In external detail is place where all internal electronic and technical parts are situated.

The price of the ring starts from \$279 (information from 20.02.2016).



Figure 4.2. Component base of «Oura».

«ZERO».

The «ZERO» ring is designed for control of phone features. [22] For this purpose, you need to install a special application on your mobile phone. Then control becomes possible by holding down a button and drawing some shapes in the air. Each shape is mapped to some phone functions for example playing music, launching camera, starting gallery application, etc. (Figure 4.3).

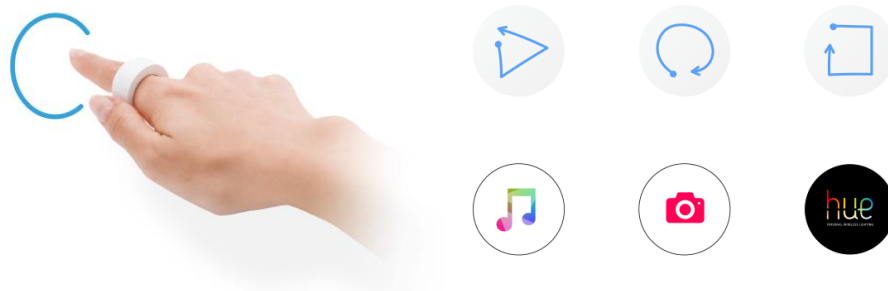


Figure 4.3. Working principle of «Zero».

The ring has two colors - white and black, and only three sizes - small (19 mm), medium (20.6 mm) and large (22.2 mm). The device body is made completely of matte plastic (Figure 4.4). The device has a vibration motor and indicator light.



Figure 4.4. «Zero» ring.

The ring body consists of two main parts - outer and inner. All technical components are placed on inner part, then it is covered by the outer part.

The device has the simplest washer form with a hole for a finger. This solution is the most technologically advanced, and therefore convenient to manufacture. A button is highlight from main body through form, material and color solutions. LED is mounted near a button for easy identification of ring operation.

The price of the device starts from \$ 149.99 (information from 20.02.2016).

«Ringly».

The ring is a device for remote user notification about received messages, letters, reminders, and other incoming data. [23]

The size range is from 5 to 9 according to US standard - from 15.7 mm to 18.9 mm, respectively.

The device construction is unknown. Presumably, the body consists of two parts, where the first is main detail with a shank and shoulders, and the second detail is decorative element. Component base is probably placed in the top of shank and then closed by decorative element.

The main difference of the «Ringly» ring is design (Figure 4.5). Design ideology based on a jewelry appearance. However, because of component base of device is concentrated on a top, decorative element has a greater thickness. The «Ringly» looks massive, but due to the specific design it looks harmonious.

The price of the ring starts from \$ 195.00 (at 02.20.2016).



Figure 4.5. «Ringly» ring.

«Mota».

The «Mota» ring has the same functional idea of the «Ringly», but it has expanded capabilities. In particular, the device has a screen that shows notifications from some mobile phone applications. In addition, the screen is able to display incoming text messages in the running line. [24]

Sizes, final colors, constructive and price are unknown.

The ring design looks quite massive, probably due to the presence of the screen, which occupies entire upper part of the ring, together with the circuit board (Figure 4.7). Lower thickening of device is probably intend for battery placement. The ring has narrow shank on the left and the right for the convenience wearing.



Figure 4.7. «Mota» ring.

«NFC ring».

This ring has NFC module enabling to unlock some gadgets (for example mobile phones, tablets, laptops etc.) and doors in smart house systems. With the «NFC Ring» it is possible to transfer some information via NFC protocol: the password for Wi-Fi networks, links, contact information and other data. [25]

The ring is implemented in sizes from 4.5 to 16, according to American standard and also has 6 colors.

Design of the device has the classic ring form with an antenna as parallelepiped form (Figure 4.8). It would be better if antenna was placed under the ring body. The best option would be to get rid of any decorative elements and completely follow ideology of classic wedding rings.

A constructive solution is unknown.

The price of the ring starts from £ 29.99 (on 20.02.2016).



Figure 4.8. «NFC Ring».

5. Software selection

5.1. Fundamentals of 3D modeling

Rapid development of digital technology and software in the 21st century has led to numerous software packages for 3D modeling and visualization of volumetric objects. These programs differ from each other in mathematical algorithms, interface, tools, construction and general approach to the creation of volumetric objects. They meant to speed up the design process and expand our technical and graphic abilities, release time for creativity and let see the object in a volume with the parameters close to reality. In other words, 3D modeling provides a digital reproduction, allows analyzing and verifying a designer idea without the need to implement it in physical form, which significantly saves time, financial, material and human resources, provides an accurate design plans, specifications, and flexibility of the design process as a whole. [26]

Tendency of the 3D modeling and visualization nowadays being actively developed and the possibilities of modern simulation programs allow the designer to implement almost any idea. Through these programs, almost any new product is developed. [27]

Usage of the latest software solutions and technologies for 3D modeling, and also usage of safe materials in the manufacturing of the prototypes has recently become a widely discussed topic in the special-purpose education and industrial enterprises. This is due to creation of volumetric models in a variety of software solutions such as Inventor (Autodesk), 3ds Max (Autodesk), Catia (Dassault Systems), Rhinoceros 3D (Robert McNeel & Associates), Alias (Autodesk), and to analyze them in pre-tests, etc. [28]

Rapid prototyping technology provides a model with a complex configuration, with the safe production process using harmless materials that come in sealed cartridges. The resulting model (prototype) allows analyzing the developing product for their operational and technical characteristics, durability and reliability. [28]

In the process of modeling objects and scenes with photorealistic look, work with 3D design has five consecutive stages which results in the finished product [29]:

- 1) Modelling – the construction of the object form.
- 2) Texture mapping – setting properties of surfaces and objects in order to simulate the structure and properties of real materials.
- 3) Lighting – placement and configuration of light sources.
- 4) Animation – creation the illusion of motion.
- 5) Visualization – the final image or animation setting.

5.1.1. Types of modeling used.

Before choosing a 3D modeling program it is necessary to know, which designing mathematical models will take the biggest part in the master's thesis.

The modeling process begins with thinking through the design strategy, finding out exactly how to design invented or real object into a computer model. Rational design of the objects depends on careful observation and study of the surrounding world with the possibility of recreating the product in the form of 3D model. Observation must be performed from the perspective of the artist, engineer, sculptor and architect. We must be able to isolate simple elements in complex objects, making them much easier to model. All of the above will allow the design quality and sophisticated products in the scenes of the virtual world. [29]

There are several kinds of mathematical modeling, which to varying degrees are available in 3D design software:

- 1) Modeling using the simplest parametric forms (cubes, spheres, pyramids, etc.). When visualizing these objects are converted to polygons (which together form a grid pattern of the model), but surface of the result looks smooth, because of the special calculation algorithms. This method is usually available in the software with the polygonal surface modeling.

- 2) Modeling using the Boolean operations, i.e. subtraction, union and intersection bodies. This method is available in almost all of the 3D modeling software applications.

3) Polygonal Modeling (editable mesh), as the name implies, is available in the polygonal modeling software applications and it is a modeling object from a variety of polygonal surfaces that are smoothed by a special algorithmic calculation. Polygonal modeling is based on the so-called operations with vertices, edges and faces of the object, where the faces (polygons) – is a plane, forming a polyhedron; edges – is the line of intersection of the faces; vertex – is a point of intersection of the edges. This method allows designing objects of any form without limitation, whether chopped or organic forms. Therefore, it does not have the opportunity to have the definite dimension values.

4) Modeling via sections. This method is based on the combination of two-dimensional cross-sections, where connection can occur in different trajectory. In other words, the method is based on using planes with 2D-sketches of any shape, created on them. Subsequently, the operations such as extrusion, rotation, pull on sections and pull on paths are performed on sketches. This method is widely used in solid and surface modeling software. In comparison with polygonal modeling method the advantage is the possibility to enter the definite numerical dimension values in the design of the object. Thus, the output of the object has the definite dimension of almost all parts of the body from the lengths to radius of curvature and the distance to the vertex of the designed 2D-sketches. There are disadvantages of this method such as less rich abilities in designing of complex organic shapes.

5) Patchwork modeling and NURBS-curves – modeling method based on smooth curves, which are changed with the help of reference points. Difference between NURBS- curves and patches is in ability to affect any point of surface of the first, via control vertex, creating the smoothest surface. This method is widely used in surface modeling software applications.

6) Spline modeling, which is based on an original frame of the segments, on the basis of which the surface is formed. This method is also used in the surface modeling software applications.

In initial stages of the object designing process, during the search of the form, it is needed to be able to flexibly change shape. For these purposes, the polygonal

modeling method is suitable, allowing changing shape any time by pulling the top of mesh or imposing special rendering algorithms. When modeling a form with the definite values needed, for example, for the construction, positioning and placement of electronic, technical and other elements it is necessary to use modeling capabilities of cross-sections and Boolean operations.

5.1.2. Using visualization

A visualization allows to represent an object modeling beautifully and effectively. Quality visualization is able to replace a photo, which significantly simplifies and reduces a cost of object represent to a customer.

Within the framework of master thesis, the visualization is necessary for demonstration of the NIMB-R100 design variations, focusing on desired parts of the object. Accent carried out due to angle, incident light and texture.

Light helps to recognize surrounding objects. The rays of light that come from different kinds of light sources, from the sun to artificial sources of light, repeatedly are refracted and reflected from some surfaces, that in the end gives us a picture of the world [30].

To simulate an illumination we will use HDRI-maps with prearranged light sources. In condition when work should be done a qualitatively and in a shortest possible time, the decision with prearranged lights not requires lighting setup for a long time, while providing sufficient high-quality illumination of the subject.

Objects, created in three-dimensional space, have only a form in a modeling stage. We need to configure and simulate of real materials appearance for make the photorealistic object. In other words, it is necessary to impose texture mapping onto the surface [30]. Simulation is available for all types of materials - wood, metal, plastic, rubber, glass, etc. For these purposes, there are special editors with ready-made materials or settings to create a new material in a program [29].

A quality of texture mapping depends on the color. Color is one of the basic properties of materials, which may be the main parameter, which determines an object's surface coating, background light influence, degree of reflection, most

brilliant object surface areas, etc. In addition, texture quality affected by location settings of surface, namely the texture mapping coordinates (UVW Map).

If material is created from scratch, or configured from simple texture images, then texturing takes a long time. To speed up this work, more rational use ready-made seamless textures, which require no special configuration in mapping. In this case, adjustment of other properties such as bump, reflection and refraction, are faster.

As a result of correct lighting configuration in HDRI-maps, seamless textures and materials are possible to achieve amazing render results during short time [29].

There are two main methods of lighting calculation and interaction with material used to achieve a more realistic visualization - Ray Tracing and photon maps method.

Ray tracing is a method of constructing realistic images, when a ray of light is directed along a predetermined path to a certain place and incoming light energy is evaluated from there. This energy is determined by a degree of illumination of the first surface encountered in the ray path. [29]

Ray tracing allows reaching good results in calculation of reflection and refraction. However, there are several factors with poor implementation or not implemented at all. For example, diffusing reflection effects when a light falls on a surface with certain color, and then reflect and falling on another surface with projecting a color from previous surface; and focused light effects (glare on the water, etc.).

Photon maps method is an advanced ray tracing that solves the above problems. Photon maps can effectively simulate all types of a direct and an indirect lighting and can take into account influence of the environment where light propagates. [29]

Photon mapping method considerably increase rendering time of a scene. Therefore, in conditions of short time it is necessary to use a simple ray tracing method. It provides an acceptable quality and render speed. Photon map method is more suitable for obtaining images of finished product.

5.2. Selection and justification of software

Three-dimensional design programs are usually divided into two types that differ in objects construction principle [31]:

- 1) Surface modeling is based on design of part of an object through creation of surfaces and modification of them. The surfaces are trimmed along intersection lines, then mated with each other through other surfaces, etc. From the obtained surfaces, a whole shell is created. A designed object does not necessarily have to be closed as a result of surface modeling. The object can reflect a major part of the modeled object.

Surface Modeling is used for car body design, aircraft and other objects that have complex shapes.

- 2) Solid modeling is based on creating whole shells rather than separate surfaces. Shell describes whole surface of the designed objects, therefore there is a clear division of internal volume from rest of the space. In solid modeling object shell construction process occurs in stages of manufacturing process of the modeled object, that is it begins with the creation of a simple blank form and then continues with change of this form with different tools such as Boolean operations, edges change operations, building ribs, etc. As a result of these steps, the blank takes a desired shape.

Both principles have different technology to create objects, but also have much in common, where similar actions are carried out in different sequence.

These are some popular programs for surface modeling:

- 1) Autodesk 3ds Max is a universal software for three-dimensional modeling, animation and rendering from Autodesk company. It is a success in almost all areas of 3D modeling. It has powerful and flexible tools for creating three-dimensional objects, a convenient editor of materials and good opportunities for work with light and visualization. There is NURBS-modeling in the program. [32]

Autodesk 3ds Max includes the following features [33]:

- Volume modeling from simple (square, pyramid, sphere, etc.) to complex (animals, trees, landscapes, buildings, etc.) geometric shapes.
- Simulation of material physical characteristics - roughness, gloss, transparency, etc., and phenomena such as refraction, specular reflection, various natural phenomena (smoke, fog, snow, flame, etc.);
- Different ways of objects movements modeling and their properties, that together enables to create realistic behavior in space;
- Dynamic properties modeling of moving objects considering physics phenomena as gravity, wind strength, elasticity, etc.;

2) Blender is a three-dimensional modeling package with animation and game development features. It is open source and freely distributed and supported by the Blender Foundation.

Main features are as follows [30]:

- An integrated set of programs with a wide range of tools, which together make possible to modelling, visualization, animation, video processing, and game creation;
- The whole scene is stored in a single file *.blend, all sounds, fonts, images and other forth may be stored in a single file for easy transport;
- Small sizes of executable files;
- A huge number of extensions created in Python;
- Porting for multiple operating systems - Windows, Mac OS, FreeBSD, Sun Solaris and SGI Irix.

3) Autodesk Maya is three-dimensional modeling program from the Autodesk company. A close analogue of Autodesk 3Ds Max, however, positioned to a greater extent as a medium for characters animating.

Examples of popular solid modeling programs:

1) Autodesk Inventor is a software package for industrial and mechanical engineering design from the Autodesk company. The package includes tools for modeling of tooling and project data exchange.

Inventor allows working freely with three-dimensional models by a parametric solid and surface modeling. Part model designs with using solid modeling, then provides creation of assembly models and design documentation.

The software package is intended for design of objects that contain a huge number of assembly parts, therefore Autodesk has created an adaptive mechanism method for data management that allows to design in context of an assembly.

Main features of Inventor [34]:

- Creating a volume models and working drawings of product;
- Creation of adaptive structural components, parts and assemblies;
- Management of complex products, which consist of a large number of parts;
- Launch of third-party applications, which are based on the API functions (Application Programming Interface)
- Import files such as: SAT, STEP, DWG, etc. It is also possible to export files in formats that readable AutoCAD, Mechanical Desktop, and IGES;

2) SolidWorks is an analogue of The Autodesk Inventor but from Dassault Systemes company;



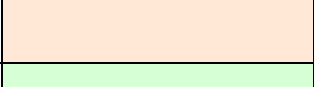

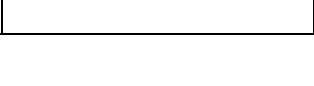
3) CATIA is computer-aided design (CAD), technological preparation of production and engineering analysis, which includes solid modeling tools, subsystem software simulation of technological processes, the various analysis tools and unified database of graphic and text information. Produced by Dassault Systems since 1981. [35];

Previously Autodesk and Dassault Systems dominated on market of three-dimensional design software, but now there are many other companies that produce

related software solutions because of information technology rapid development. A striking example is the Blender free program, which, possessing basic functions of Autodesk 3ds Max, is able to offer sculpting opportunities, advanced post-processing visualization functions, and possibility of developing games. All this features can provide comparable to the quality of 3Ds Max modeling result, rendering and animation. Blender has an intuitive interface, which is based on hotkeys.

For the purposes of master's thesis, we decided to use Autodesk 3ds Max for design and device appearance elaboration, and Autodesk Inventor for work with component base placing and carrying out tasks of design performance, namely, device separation into its component parts, conjugation design, internal grooves, racks, and other solutions that will enable components positioning on the device.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

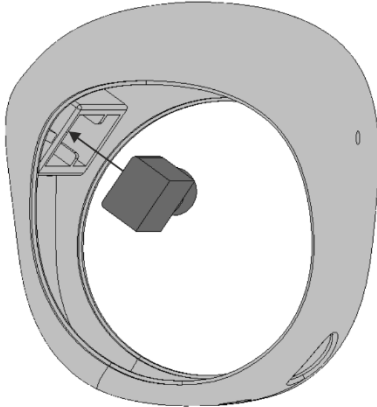
Размер	Название цвета	Вид покраски	Цвет
15	Красный	Глянцевый	
15,5	Оранжевый	Глянцевый	
16	Желтый	Глянцевый	
16,5	Зеленый	Глянцевый	
17	Голубой	Глянцевый	
17,5	Синий	Глянцевый	
18	Фиолетовый	Глянцевый	
19	Белый	Глянцевый	
15	Красный	Матовый	
16	Оранжевый	Матовый	
17	Желтый	Матовый	
17	Зеленый	Матовый	
17,5	Голубой	Матовый	
17,5	Синий	Матовый	
18	Фиолетовый	Матовый	
18,5	Белый	Матовый	
19,5	Черный	Матовый	
20,5	Черный	Матовый	
21	Черный	Матовый	
19,5	Прозрачный		
20	Прозрачный		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сборка продемонстрирована на кольце размером 19.
Сборка других размеров кольца осуществляется аналогично.

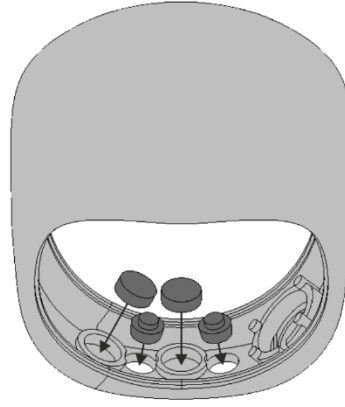
СБОРКА КОЛЬЦА

1. Вставить вибромотор



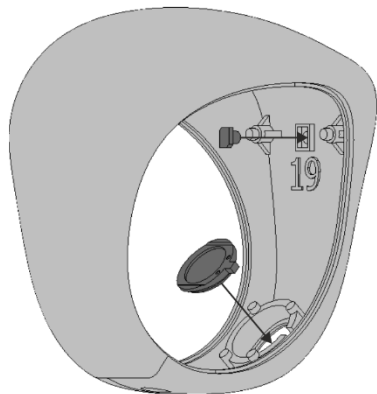
(Зафиксировать вибромотор с использованием клея*)

2. Вставить магниты и контактные площадки

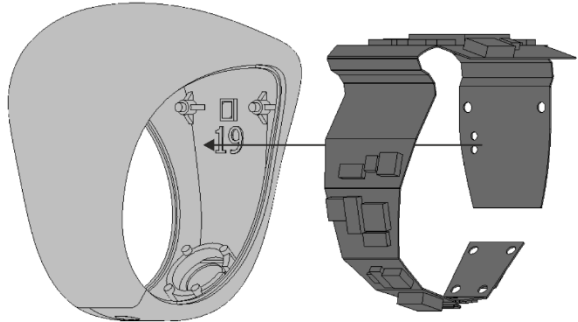


(Зафиксировать магниты и контактные площадки с использованием клея*)

3. Вставить линзу и кнопку

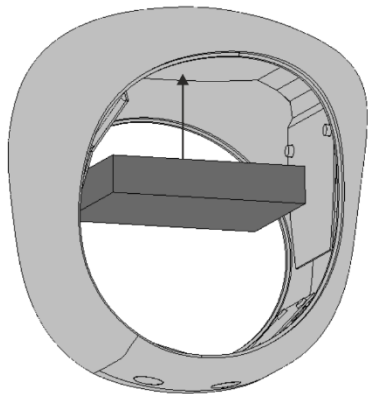


4. Закрепить печатную плату

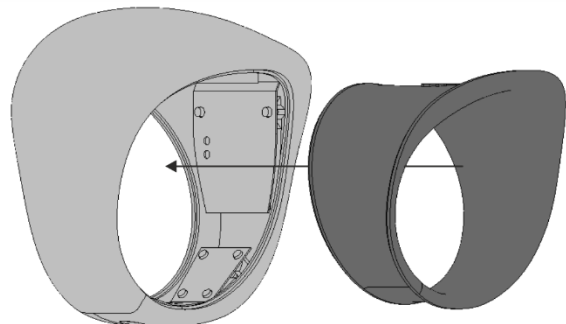


1. Скрутите печатную плату и вставьте в корпус.
2. Разверните ее и закрепите на стойках корпуса.

3. Расположить аккумулятор



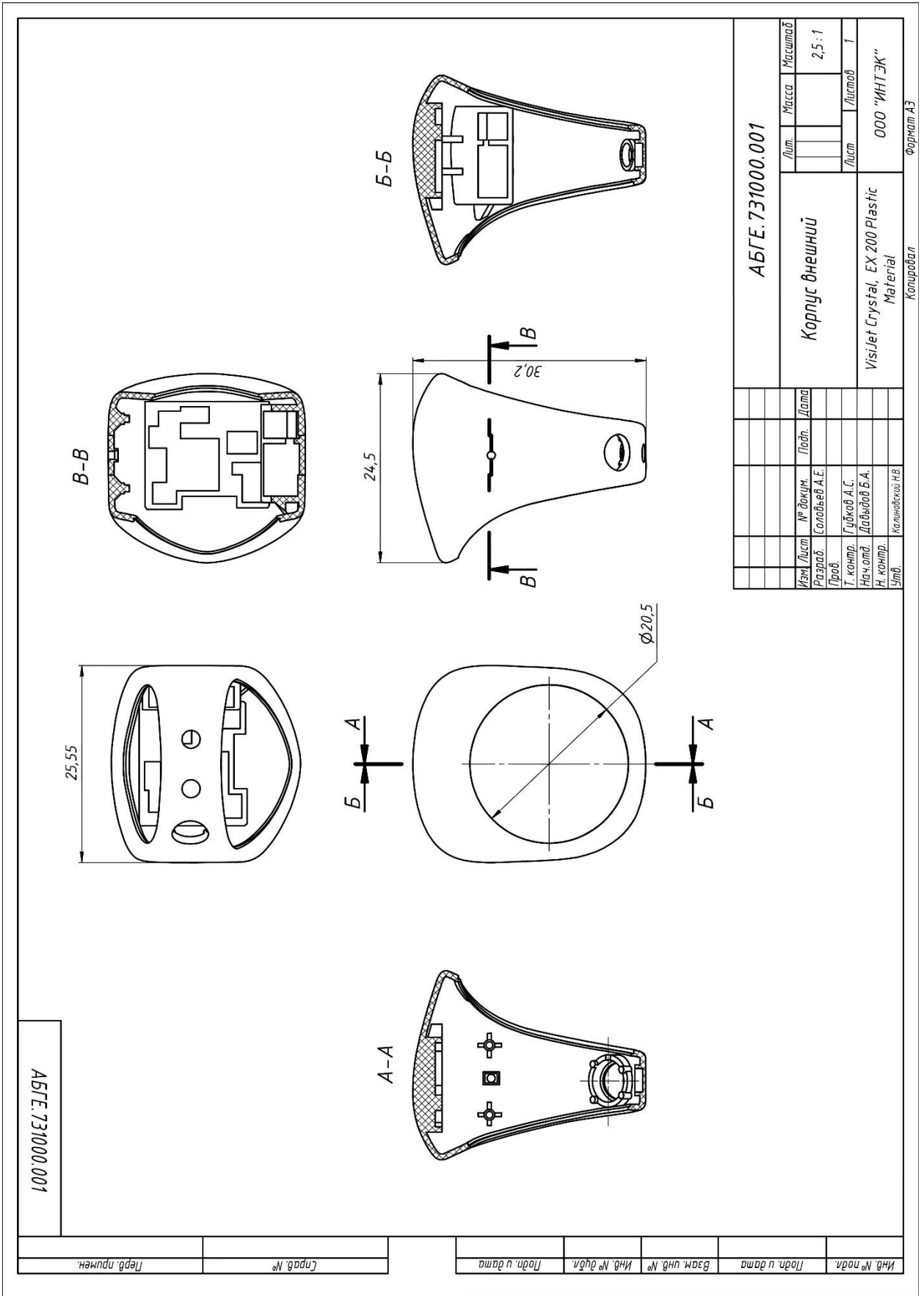
4. Закрыть втулкой



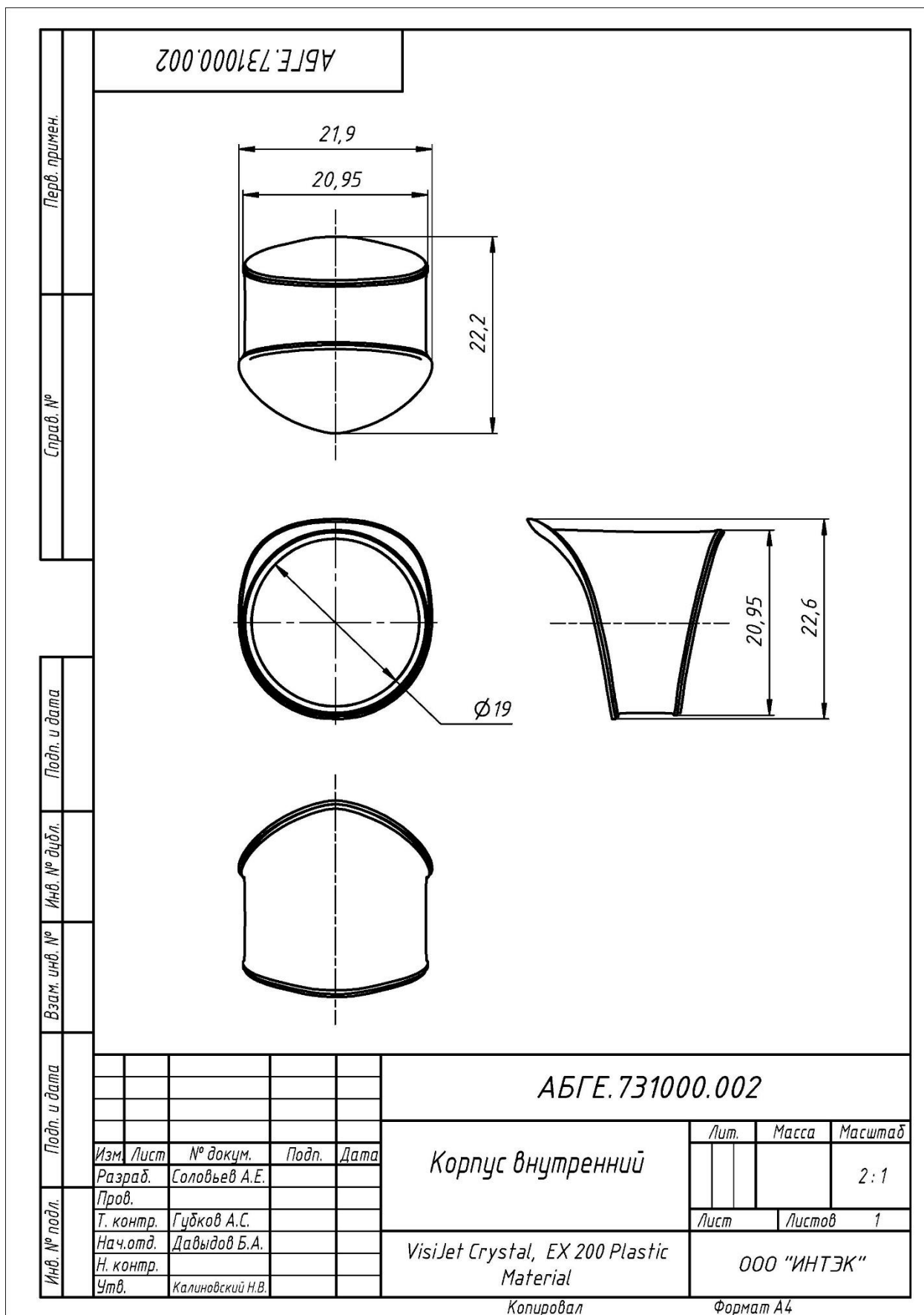
(Зафиксировать втулку с использованием клея*)

* Использовать однокомпонентный клей на основе цианакрилата ("суперклей "Контакт").
Излишки клея удалить деревянной палочкой (зубочисткой).

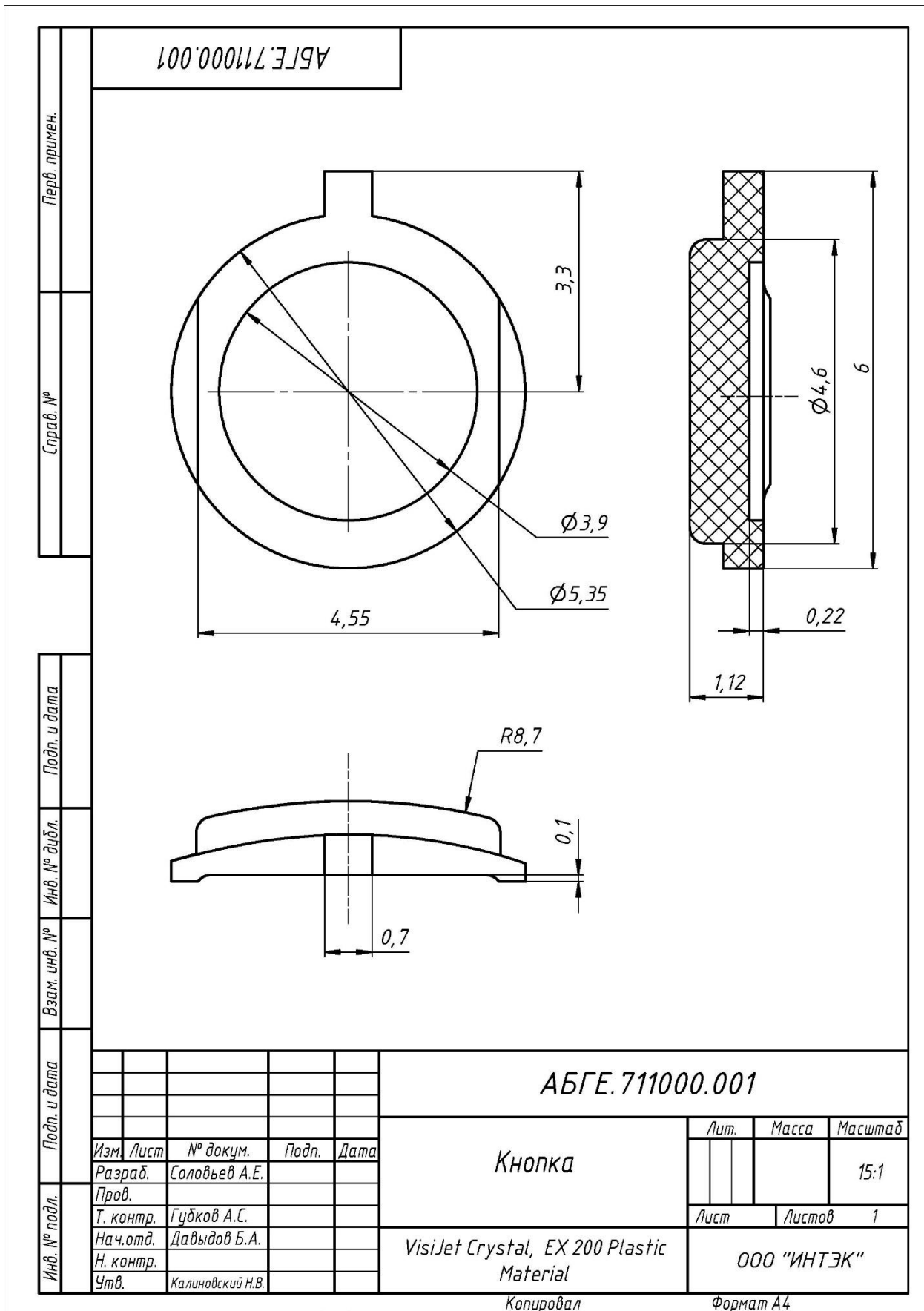
ПРИЛОЖЕНИЕ Г



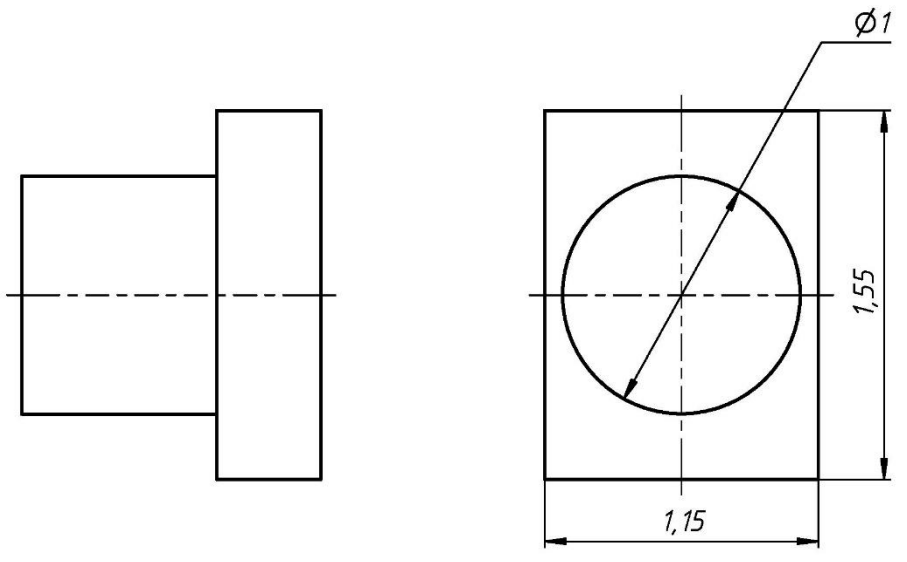
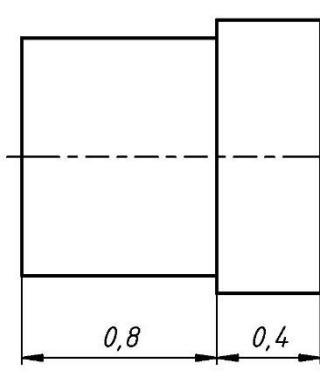
ПРИЛОЖЕНИЕ Д



ПРИЛОЖЕНИЕ Е



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Перв. примен.	АБГЕ.755453.001			
Справ. №				
Подп. и дата				
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	АБГЕ.755453.001		
Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Инв. № подл.	Разраб.	Пров.	Т. контр.	Нач.отд.
	Утв.	Лист	Листов	Дата
	Калиновский Н.В.	1	1	40:1
	Световод		000 "ИНТЭК"	
	VisiJet Crystal, EX 200 Plastic Material		Копировал	
	Формат А4			

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

1
2

Технические характеристики:

1. Габаритные размеры: 30,2x25,55x24,5 мм.

Технические требования:

1. Дет. поз. 2 соединить с дет. поз. 1 одноконтинентным клеем на основе цианакрилата (суперклея "Контакт").

1
2

1
2

АБГЕ.301119.001.СБ

Перв. примен.

Справ. №

Инв. № подл.

Подл. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подл. и дата

Инв. № подл.

Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
А3	АБГЕ.301119.001.СБ	Документация	1	
		Сборочный чертёж		
		Детали		
А3	1 АБГЕ.731000.001	Корпус внешний	1	
А4	2 АБГЕ.731000.002	Корпус внутренний	1	
А4	3 АБГЕ.711000.001	Кнопка	1	
А4	4 АБГЕ.755453.001	Световод	1	
АБГЕ.301119.001.СБ				
Корпус устройства				
НИМВ-Р100				
Сборочный чертёж				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Соловьёв А.Е.			
Проб.				
Т. контр.	Гудков А.С.			
Нач. отд.	Давыдов Б.А.			
Н. контр.				
Штб.	Калыцкий Г.В.			
		Лит.	Масса	Масштаб
		Лист	Листов	2,5 : 1
				1
		ООО "ИНТЭК"		
		1		Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ И
РЕЦЕНЗИЯ
на магистерскую диссертацию

Студент	Соловьев Альберт Егорович
---------	---------------------------

Направление/специальность	Промышленный дизайн
---------------------------	---------------------

Кафедра	ИГПД	Институт	ИК
---------	------	----------	----

Тема работы
РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА И КОНСТРУКТОРСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ МИКРОМИНИАТЮРНОГО ПОРТАТИВНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МАССОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ NIMB-R100

Представленная на рецензию работа содержит пояснительную записку на _____ листах, _____ листов графической части на формате _____,

Работа выполнена в соответствии с заданием и в полном объеме.

Рецензируемая работа содержит 12 глав/разделов:

В первой главе рассмотрена актуальность темы диссертационной работы и поставлена задача на разработку дизайна и конструкторского исполнения объекта диссертации.

Во второй главе описан функционал устройства и исследованы аспекты его эксплуатации.

В третьей главе проведен обзор аналогичных устройств, который показал, что существуют устройства в таком же форм-факторе, однако их функционал не связан с обеспечением индивидуальной безопасности. Таким образом разрабатываемый объект диссертации обладает уникальным функционалом.

В четвертой главе поставлена проблема выбора программного обеспечения для выполнения задач по разработке дизайна и конструкторского исполнения устройства. Для решения проблемы рассмотрены необходимые при разработке виды моделирования и настройки визуализации. Проведен обзор программ, имеющие необходимые характеристики, выбор и обоснование.

В пятой главе описывается первичное проектирование устройства. Разработаны габаритные модели на основе предварительно подобранной компонентной базы. Проведено первичное проектирование внешнего вида устройства, а также его первичная компоновка.

В шестой главе представлена проблема формообразования устройства. Предложено решение, которое основано на эргономических показателях и особенностях форм ювелирных колец. Основываясь на данном решении предложено несколько вариантов дизайна устройства. В результате выбран и обоснован наиболее рациональный с точки зрения реализации.

В седьмой главе поставлено несколько проблем, связанных с детальной компоновкой и конструкторским исполнением. Предложено решение с размещением компонентной базы, основанное на результатах исследования позиционирования каждого элемента, а также разработаны единственно возможные позиционные элементы с приемлемыми допусками. Исследована проблема сборки устройства в последствии чего выполнено единственно оптимальное конструкторское исполнение устройства, позволяющее установить компонентную базу в корпус и собрать устройство.

В восьмой главе описаны критерии подбора материалов. Приведен и обоснован выбор материалов, а также доступных технологий производства.

В девятой главе поставлена проблема производства опытных образцов. Для чего было проведено исследование доступных технологий прототипирования и доступных материалов. В результате предложено решение, удовлетворяющее требованиям точностей производства и характеристик материала. Поставлена проблема декоративной отделки и в результате экспериментов предложено решение с использованием нитрокраски. Описываются этапы покраски и сборки устройства.

В десятой главе описываются рекомендации для следующей итерации проектирования объекта. Рекомендации основаны на испытаниях устройства, разработанного в результате первой итерации.

Одиннадцатая глава содержит результаты расчетов продолжительности этапов работ, накопления готовности проекта, сметы затрат, прибыли, а также проведена оценка научно-технического уровня НИР.

Двенадцатая глава содержит описание рабочего места и возможных вредных факторов рабочей среды. Рассмотрена техника безопасности и разработана инструкция по технике безопасности.

Оценка работы рецензентом в целом:

В данной диссертации проделана работа по разработке дизайна и конструкторского исполнения микроминиатюрного портативного устройства. Приведена и обоснована актуальность проблемы, поставлена задача на разработку. Поставлено несколько проблем, связанных с формообразованием, компоновкой, конструкторским исполнением и производством опытных образцов. Для решения проблем проведены исследования, эксперименты и обзор существующих решений. В результате предложены единственно возможные решения проблем. Таким образом тема диссертации раскрыта полностью, обоснована практическая значимость и достигнуты высокие результаты в обучении по образовательной программе.

Выполненная работа может быть признана законченной квалифицированной работой, соответствующей всем требованиям, а ее автор,

Соловьев Альберт Егорович

заслуживает оценки:

Отлично

и присуждения степени магистра по:

направление/специальность

промышленный дизайн

Главный инженер
ООО НПО «Свободная Энергия»
«___» _____ 20__ г.

Мищенко Алексей Викторович
М.П. (организации-места работы рецензента)