

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

Институт кибернетики
Направление подготовки 072500 «Дизайн»
Кафедра Инженерной графики и промышленного дизайна

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и тестирование дизайн-решения медицинского браслета «Спинор-Эйр» с применением методики контроля эргономических параметров

УДК 658.512.23:615.48.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ИГПД	Захарова Алёна Александровна	Доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ИГПД	Захарова Алёна Александровна	Доктор технических наук		

Томск – 2016 г.

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

Институт кибернетики
 Направление подготовки 072500 «Дизайн»
 Кафедра Инженерной графики и промышленного дизайна

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (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	Топоркова Антонина Павловна

Тема работы:

Разработка и тестирование дизайн-решения медицинского браслета «Спинор-Эйр» с применением методики контроля эргономических параметров

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам;</i></p>	<p>Объект исследования: методы и средства тестирования эргономических параметров применимые в процессе дизайн-проектирования.</p> <p>Основная цель тестирования браслета заключается в проведении контроля качества дизайн-решения и принятие мер по его улучшению.</p> <p>Основные задачи тестирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определить способ проведения вида тестирования: создать план, определить сценарий проведения, методы исполнения, технологии, инструменты; - выявить совокупность эргономических параметров, связанных с недочётами функционального и конструктивного характера браслета; - проанализировать полученные результаты и принять меры по улучшению дизайн-решения. <p>Объект дизайн-проектирования: внешняя конструкция и функциональные элементы медицинского браслета «Спинор-Эйр».</p> <p>Медицинский браслет (аппарат КВЧ терапии "Спинор" исполнение «Эйр») – наручное электронное устройство, предназначенное для профилактики и повышения собственных возможностей организма человека. Основан на действии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности, создаёт эффект биорезонанса.</p> <p>Особенности использования:</p>
--	--

<p>экономический анализ и т. д.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ежедневное ношение прибора на запястье руки; - Использование в привычных для человека условиях; - Фиксация прибора на тыльной стороне запястья; - Плотное соприкосновение с кожей запястья (воздействие на кровоток). <p>Медицинский браслет должен соответствовать ТУ 9444-002-28833138-2009 реализуемые для портативного аппарата КВЧ-ИК терапии со сменными излучателями.</p> <p><i>Требования к функциональным характеристикам медицинского браслета:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - должен иметь конструкцию, надёжно защищённую от пыли и влаги; - должен иметь на лицевой части корпуса индикатор работы и кнопку управления; - конструкция должна позволять извлекать элемент питания для замены и обслуживания; - надёжная фиксация электромагнитного излучателя на тыльной стороне запястья; - браслет должен быть снабжён элементами, обеспечивающую фиксацию на запястье руки разного обхвата; - браслет должен быть уменьшен в размере (по сравнению с нынешней актуальной версией) за счёт пересмотра микросхемы элемента питания. <p><i>Требования к параметрам браслета:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - высота не более 15 мм; - ширина не более 50 мм; - длинна не более 200 мм; - масса браслета не более 50 г.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Основные пункты аналитического обзора по литературным источникам: методология и исследования в промышленном дизайне; системный подход исследований в дизайне и испытания дизайн изделий; компьютерные технологии и программное обеспечение для моделирования промышленных изделий и анализа дизайн-решений; анализ современных статей по промышленному дизайну гаджетов и браслетов.</p> <p>Основная задача проектирования: разработка современного эргономичного дизайна прибора.</p> <p>Основная задача исследования: применение разработанных методик виртуального и физического тестирования для экспертизы качественного уровня дизайн-решения медицинского браслета «Спинор-Эйр».</p> <p>Содержание процедуры проектирования: концептуальный проект (анализ аналогов, разработка вариантов художественно-конструкторских предложений, анализ отношения «человек-предмет-среда», уточнение выбранного варианта концепции и т.п.); технический проект (точное моделирование элементов прибора, создание полной конструкторской сборки, выбор материалов и технологии изготовления и т.п.); анализ опытного образца (тестирование на эргономические параметры, выявление проблем дизайн-решения, конструктивных и функциональных недочётов).</p> <p>Практические результаты выполненной работы: дизайн медицинского браслета, виртуальная среда для тестирования дизайн-решения.</p> <p>Теоретические результаты выполненной работы по основному разделу: анализ дизайн-проектирования (аналитический обзор методов и средств художественно-конструирования, планирования процесса проектирования, оценивание результатов дизайн проектирования браслета на основе целей и задач); теоретический обзор методов физического тестирования дизайн-решения; обзор существующих методов, технологий виртуального тестирования эргономических параметров.</p> <p>Наименование дополнительных разделов: внедрение этапа тестирования в процесс дизайн-проектирования (сравнительный анализ физического и виртуального тестирования; рекомендации по внедрению этапа тестирования в процесс проектирования; полезность практических результатов исследования).</p> <p>Заключение должно содержать: анализ результатов теоретической и практической работы; рекомендации по практическому использованию разработки; обобщение приведённых в работе данных; обоснование решенной проектной задачи; перспективы разработанного материала.</p>
<p>Перечень графического</p>	<p>Визуализация моделей дизайн-решения концептуального и технического проекта; эскизы концептуальных решений; габаритно-компоновочные схемы изделия; диаграммы результатов тестирования; графический функциональный и</p>

материала (с точным указанием обязательных чертежей)	эргономический анализ; визуализация виртуальной среды тестирования; сборочные чертежи изделия.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-3	Шкляр Алексей Викторович Захарова Алёна Александровна
4	Конотопский Владимир Юрьевич
5	Пустовойтова Марина Игоревна
<u>Приложений А.</u> Глава 1 на иностранном языке	Шепетовский Денис Владимирович
<u>Приложений В.</u> Техническая документация	Куликова Ольга Александровна Фех Алина Ильдаровна

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

1.1 Анализ методологии и исследований дизайн-проектирования

1.2 Обзор разработки дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр»

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ИГПД	Захарова Алёна Александровна	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна

Институт	кибернетики	Кафедра	ИГПД
Уровень образования	магистрант	Направление/специальность	Дизайн

ЗАДАНИЕ

<p>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность» и вопросы, подлежащие разработке:</p>	<p>1. Анализ нормативных требований к дизайну медицинского браслета «Спинор-Эйр» <i>гигиенические и санитарные требования к материалу изделия; требования экологической безопасности при утилизации прибора; меры безопасности при использовании аппарата и требования к эксплуатации корпуса.</i></p> <p>2. Характеристика рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, оборудования);</p> <p>3. Техносферная безопасность <u>Вредные факторы:</u> <i>(источники вредных факторов на рабочем месте, нормирование их действия на работника, ссылка; технические решения и системы обеспечения требований нормативных документов)</i></p> <p><u>Опасные факторы:</u> <i>(источники опасных факторов, нормативные требования по обеспечению безопасности работников, ссылка; организационные и технические решения и системы обеспечения требований безопасности)</i></p> <p>4. Региональная безопасность <i>анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i></p> <p>5. Правовые вопросы обеспечения охраны труда <i>характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы госконтроля охраны труда; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i></p> <p>6. Пожарная безопасность <i>(причины возгорания, категория помещения по ПБ, план эвакуации, средства первичного тушения)</i></p>
--	---

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна

Институт	кибернетики	Кафедра	ИГПД
Уровень образования	магистрант	Направление/специальность	Дизайн

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов дизайн-проектирования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.</i></p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и конкурентоспособности проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Организация и планирование работы по разработке дизайн-проекта 3. Расчёт затрат и формирование бюджета дизайн-проекта 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности НИР и дизайн-проекта 	<p><i>Проведение предпроектного анализа: оценка потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений.</i></p> <p><i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости разработки.</i></p> <p><i>Затраты на материальные ресурсы, электроэнергию, заработную плату, страховые взносы, накладные расходы.</i></p> <p><i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i></p>
--	---

Перечень обязательного графического материала:

1. Карта сегментирования рынка услуг по проектной разработке
2. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений
3. Ленточный график планирования проекта
4. Расчет бюджета затрат на дизайн-проект (таблица)
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности (таблицы)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

Реферат

Магистерская диссертация содержит 225 с., 22 рис., 30 табл., 86 источников, 29 прил.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ-КОНСТРУИРОВАНИЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН, КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ, МЕТОДИКА, ДИЗАЙН-ИССЛЕДОВАНИЕ, ФУНКЦИЯ, ЭСТЕТИКА, ТЕСТИРОВАНИЕ, ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ, ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА, 3D-МОДЕЛЬ, ФИЗИЧЕСКАЯ СИМУЛЯЦИЯ.

Объект дизайн-проектирования - медицинский браслет «Спинор-Эйр».

Объект исследования - методы и средства тестирования эргономических параметров применимые в процессе дизайн-проектирования.

В работе представлены методы и средства экспериментального исследования дизайн-объекта и контроля процессов проектирования. Проводиться сравнение методик виртуального и физического тестирования эргономических параметров дизайн-решения. На примере разработки дизайна медицинского браслета, исследуется применимость методики виртуального тестирования в процессе проектирования.

Результатом исследовательской работы является методика виртуального тестирования, которая предназначена для контроля и экспертизы качественного уровня дизайн-решения. Среда виртуального тестирования разрабатывалась на основе задач и целей дизайн-проекта «Спинор-Эйр». Может использоваться на этапах концептуального и технического проектирования в компаниях и фирмах, специализирующиеся на создании промышленного дизайна.

Практическим результатом художественного-конструирования является дизайн наручного электронного устройства (медицинский браслет), предназначенного для профилактики и повышения собственных возможностей организма человека. Результаты дизайн-проекта в полной мере внедрены в производственный процесс ООО «Монета» (холдинг компаний «DI-group», г. Томск) по заказу компании ООО «Спинор». В будущем фирма планирует изготовить опытную партию продукта и провести апробацию.

Report

Master's thesis contains 225 p., 22 fig., 30 tables, 86 sources, 20 appendices.

INDUSTRIAL DESIGN, CONCEPTUAL DESIGN, ENGINEERING DESIGN, METHODOLOGY, RESEARCH DESIGN, FUNCTION, ESTHETICS, TESTING, PROTOTYPE SAMPLE, VIRTUAL MEDIA, 3D MODEL, PHYSICAL SIMULATION.

The object of engineering design is a medical bracelet Spinor Air.

The object of study includes methods and techniques of testing of ergonomic parameters applied in engineering design.

The paper presents the methods and techniques of experimental research of the design object and engineering process control. Methods of virtual and physical testing of design solution ergonomic parameters are compared. Using the example of medical bracelet design, the application of virtual testing method in engineering process is studied.

The result of research paper is the method of virtual testing designed for control and expertise of quality level of design solution. The virtual testing media was developed on the basis of goal and objectives of engineering design Spinor Air. It can be applied at stages of conceptual and engineering design by companies and firms specializing in industrial design.

The practical result of industrial design is the design of wrist electronic device (medical bracelet) serving for preventive health care and enhancing the capabilities of the human body. The results of engineering design are fully implemented into production process by LLC "Moneta" (holding company «DI-group», Tomsk) under the order of LLC "Spinor". In future the company is planning to produce the pilot batch of the product and perform testing.

Содержание

Введение.....	13
Глава 1. Анализ процесса художественного-конструирования медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	17
1.1 Анализ методологии и исследований дизайн-проектирования	17
1.2 Обзор разработки дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	29
1.2.1 Анализ предпроектной ситуации	31
1.2.2 Эскизные предложения и определение концепции.....	34
1.2.3 Техническое проектирование выбранной концепции.....	38
1.3 Выявление проблем в решении задач проектирования	43
Глава 2. Тестирование медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	49
2.1 Методические основания применения тестирования в дизайне	49
2.1.1 Формирование науки о дизайне	50
2.1.2 Тестирование как метод исследования в промышленном дизайне	56
2.1.3 Тестирование как метод контроля эргономических параметров.....	63
2.2 Методика физического тестирования опытного образца браслета «Спинор-Эйр»	66
2.2.1 План физического тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр».....	68
2.2.2 Определение параметров физического тестирования и составление исследовательской анкеты	70
2.2.3 Обработка данных и анализ полученных результатов физического тестирования.....	74
2.3 Методика виртуального тестирования модели браслета «Спинор-Эйр»... ..	78
2.3.1 Составление плана и определение параметров виртуального тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр»	80
2.3.2 Выбор программного обеспечения для создания виртуальной среды. ..	85
2.3.3 Разработка системы виртуального тестирования модели браслета в программном пакете Blender	91
2.3.4 Апробация полученной среды и анализ её соответствия предъявляемым требованиям	97

2.3.5 Анализ полученных результатов виртуального тестирования	100
2.4 Корректировка дизайн-решения в соответствии с результатами физического и виртуального тестирования.....	102
Глава 3. Внедрение этапа тестирования в процесс художественного конструирования	105
3.1 Сравнительный анализ методик физического и виртуального тестирования	106
3.2 Рекомендации по применению разработанных методик тестирования в процессе дизайн-проектирования.....	109
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	111
4.1 Резюме проекта	111
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности разрабатываемого проекта	112
4.2.1 Потенциальные потребители результатов промышленной разработки	112
4.2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	114
4.3 Организация и планирование работы по разработке дизайн-проекта.....	117
4.3.1 Структура работ в рамках дизайн-проекта	117
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения проектной работы.....	119
4.3.3 Расчёт накопления готовности проекта.....	123
4.4. Расчёт сметы затрат на выполнение проекта	125
4.4.1 Расчет затрат на амортизацию оборудования.....	125
4.4.2 Расчет затрат на потребляемую компьютером электроэнергию	126
4.4.3 Расчет материальных затрат	127
4.4.4 Затраты на заработную плату участником проекта	128
4.4.5 Расчёт общей стоимости дизайн-проекта.....	130
4.4.6 Цена разработки дизайна браслета «Спинор-Эйр»	131
4.5 Оценка экономической эффективности проекта	131
4.5.2 Сравнительная эффективность проекта «Спинор-Эйр»	132
4.5.3 Оценка научно-технического уровня НИР	135

Глава 5. Социальная ответственность	138
5.1 Анализ нормативных требований к дизайну медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	138
5.1.1 Гигиенические и санитарные требования к материалу браслета	138
5.1.2 Указания мер безопасности при использовании аппарата и требования к эксплуатации корпуса.....	141
5. 2 Анализ рабочего места при проектировании браслета	142
5.2.1 Техносферная безопасность.....	143
5.2.2 Региональная безопасность.....	148
5.2.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	149
5.2.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	152
5.2.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	153
Заключение	158
Список используемых источников.....	162
Приложение А. Раздел магистерской диссертации на иностранном языке	170
1 The analysis of the industrial design of medical bracelet Spinor Air	171
1.1 The analysis of design engineering methodology and research	171
1. 2 Overview of the design development of medical bracelet "Spinor Air"	181
1.2.1 Analysis of project situation	183
1.2.2 Draft versions and concept definition.....	185
1.2.3 The engineering design of the selected concept	189
Приложение В. Сборочные чертежи медицинского браслета «Спинор-Эйр»	195
Приложение С. Поэтапная схема проектирования промышленного изделия..	199
Приложение Д. Виды стратегий дизайн-проектирования	200
Приложение Е. Техническое задание на разработку дизайна браслета	201
Приложение F. Общий план художественного-конструирования медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	202
Приложение G. Аналоги по форме и функциональному содержанию	203
Приложение Н. План поиска концепции на 27.06.2015	204
Приложение J. Эскизный поиск концепций	205

Приложение К. Эскизный поиск. Концепция 1	206
Приложение Л. Эскизный поиск. Концепция 2.....	207
Приложение М. Художественный образ и варианты фактур концепции	208
Приложение N. Функциональный анализ вариантов концепции	209
Приложение Р. Пересмотренный функциональный анализ концепции 1.....	210
Приложение Q. Категории объекта для вариантов концепций.....	211
Приложение R. Подробный план этапа технического проекта на 23.07.2015.	212
Приложение S. Технический проект - Ход I. Элементы браслета	213
Приложение Т. Технический проект. Габаритно-компоновочная схемы	214
Приложение U. Технический проект - Ход II. Материал и покрытия элементов браслета	215
Приложение V. Варианты разделения корпуса платы на основе технологии горячей вакуумной формовки пластика	216
Приложение W. Требования к изготовлению прототипа изделия.....	217
Приложение X. Опытный образец медицинского браслета «Спинор-Эйр»....	218
Приложение Y. Стратегия дизайн-проектирования медицинского браслета «Спинор-Эйр».....	219
Приложение Z. Форма исследовательской анкеты физического тестирования опытного образца браслета	220
Приложение А1. Полученные данные физического тестирования	222
Приложение В1. Виртуальное тестирование процесса застёгивания браслета	223
Приложение С1. Виртуальное тестирование сгиба модели с гофрированием	224
Приложение D1. Окончательное дизайн-решение браслета «Спинор-Эйр» скорректированное на основе результатов виртуального и физического тестирования. Визуализация.	225
Приложение E1. Окончательное дизайн-решение браслета «Спинор-Эйр» скорректированное на основе результатов виртуального и физического тестирования. Основные элементы.	226

Введение

Среди факторов, обеспечивающих конкурентные преимущества национальной экономики страны, промышленный дизайн играет одну из ведущих ролей и является неотъемлемой частью производства и продвижения продукции. Промышленный дизайн - проектная деятельность, направленная на создание и реализацию инновационных продуктов, это способ сократить издержки на производство и расширить ассортимент продукта. В связи с этим стратегия многих преуспевающих компании и предприятий, как в России, так и за рубежом, рассчитана на развитие проектной деятельности в области дизайна внутри своей производственной структуры, с учётом долгосрочных инвестиций в будущее своей организации. Создание новой концепции продукта и постепенное улучшение старой, возможно не только при наличии инновационных идеи и средств их реализации, но и при инновационных методах оптимизации процесса дизайн-проектирования.

Если рассматривать дизайн-проектирование как комплексный процесс (а не изолированный процесс творческого поиска), то исследования и реализация новых решений оптимизации, планирования, создания методик и инструментов является важной составляющей любого процесса проектирования и дизайн-проектирования, в частности. Учитывая, что разработка формы изделия и его конструкции всё чаще проходит в средах трёхмерного моделирования, позволяющих решить и автоматизировать задачи проектирования, возникает потребность в экспертизе дизайн-решения на основе виртуальной модели объекта. Соответственно, задача создания инструмента для анализа виртуальной модели дизайн-объекта в среде, приближенной к реальной, наиболее актуальна, так как позволяет своевременно выявлять и решать проблемы до реализации функционирующего прототипа.

Исследования и экспертиза промежуточных результатов проектирования способствует определению формальных качеств промышленно-производимого изделия, на поздних стадиях концептуального проектирования позволяет

заложить структурные, функциональные и эстетические особенности в художественно-конструкторский замысел. Поэтому, своевременное решение проблем, связанное с изменением процесса художественного конструирования, выбором методов формообразования и технологий реализации, позволяет сэкономить не только ресурсы, но и способствует организации и планированию проектной работы в целом.

Область исследования данной работы заключается в применении средства теоретического и экспериментального исследования процессов проектирования и изделий дизайна.

Объект исследования: методы и средства тестирования эргономических параметров применимые в процессе дизайн-проектирования.

Предмет исследования: методика виртуального тестирования эргономических параметров для экспертизы качественного уровня дизайн-решения.

Теоретико-методологической базой исследования в области дизайн-проектирования, являются труды следующих авторов: Шейнбаум В.С., Васин С.А., Орлов П.И., Щедровицкий Г.П., Шпара П.Е., Виктор Папанёк, Михеева М.М., Карл Т. Ульрих, Стивен Д. Эппингер, Л. Брюс Арчер, Джон К. Джонс, Герберт Сайман, Найджел Кросс и др. В области эргономики промышленных изделий: Рунге В.Ф., Мунипов В.М., Зинченко В.П., Шпара П.Е., Визли Е. Вудсон и др. Также рассмотрены труды по методологии научных исследований следующих авторов: Мартин Голдстейн, Новиков А.М., Штофф В.А., Поповская П. Я., Глинский Б.А. и др.

Противоречия, возникающие в области промышленного дизайна, основаны на гуманитарном и инженерном подходе исследования и понимания профессиональной деятельности. Подобный междисциплинарный подход сочетает в себе методы и средства теоретического и практического исследования, основанные преимущественно на опыте. Вследствие чего возникает потребность в чёткой систематизации знаний при конкретных целях

и задача исследовательской деятельности в дизайне, что является прерогативой научного подхода.

Основные проблемные вопросы, выявленные при анализе литературы:

- способы оптимизации и управления процессом дизайн-проектирования;
- роль тестирования и апробации дизайн-объекта в рамках процесса проектирования;
- анализ и тестирование промышленных изделий на основе компьютерных технологий;
- отсутствие терминологии «тестирование» в дизайне.

Таким образом, **проблема** заключается в отсутствии методик и способов, для своевременного осуществлении контроля и корректировки параметров промежуточных результатов дизайн-решения, от чего зависит качество конечного продукта. Для изменения морфологических, эргономических, тектонических параметров на стадии компьютерного моделирования зачастую применяются приёмы экспертного и пользовательского оценивания качества дизайн-продукта. Подобные приёмы требуют многократной апробации решения с применением технологий физического прототипирования и макетирования, что увеличивает финансовые и временные затраты на реализацию дизайн-проекта. Также приёмы не учитывают меняющуюся ситуацию проектирования, требующую быстрого изменения и уточнения промежуточных задач и целей практического характера.

Выполнение тестирования и экспертизы с помощью компьютерных технологий позволит апробировать 3D-модель объекта до реализации её на практике с внесением последующих изменений в процесс дизайн-проектирования изделия. Способ может позволить сократить затраты на апробацию промежуточных вариантов дизайн-решений.

Цель исследования диссертационной работы заключается в разработке и применении методики виртуального тестирования эргономических параметров для создания медицинского браслета «Спинор-Эйр».

Гипотеза исследования заключается в возможности применения виртуального тестирования на этапах дизайн проектирования. Это позволит:

- осуществлять управление процессом проектирования и корректировать промежуточные результаты дизайн-решения;
- проводить апробацию 3D-модели объекта до реализации её на практике;
- сократить затраты на апробацию и экспертизу промежуточных вариантов дизайн-решения, которые выполняются по средствам технологий прототипирования и макетирования;
- повысить качество промышленного дизайн-объекта;
- проводить наглядную демонстрацию обоснования результатов эргономического анализа в рамках проектной ситуации.

Для достижения поставленной цели сформированы следующие **задачи**:

1. Провести анализ процесса дизайн-проектирования (объект): оценить результаты художественного конструирования на соответствие практическим целям и задачам; провести анализ методов и средств, используемых во время проектирования; выявить проблемы на пути решения задач проектирования.

2. Провести физическое тестирование дизайн-решения медицинского браслета на основе опытного образца: проанализировать методы и средства тестирования эргономических параметров для дизайн-объекта; выявить параметры тестирования для анализа медицинского браслета; скорректировать дизайн-решение на основе полученных данных.

3. Разработать методику виртуального тестирования: провести обзор существующих методов, технологий виртуального тестирования эргономических параметров; создать инструмент виртуального тестирования; апробировать полученное решение на основе модели медицинского браслета.

4. Внедрить этап тестирования в процесс дизайн проектирования: скорректировать дизайн-решения на основе полученных данных виртуального и физического тестирования; провести сравнительный анализ видов тестирования в дизайне; дать рекомендации по использованию тестирования в процессе художественного конструирования.

Глава 1. Анализ процесса художественного-конструирования медицинского браслета «Спинор-Эйр»

В данной главе даётся обзор разработки дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр» и проводится анализ результатов процесса проектирования. Внимание уделяется начальному планированию сроков реализации проектных задач, проблемам, возникающим на стадиях разработки дизайн-решения. Также даётся общая оценка методам и технологиям применяемых в проектирование медицинского браслета.

В главе рассматриваются труды Михеевой М.М, Васина С.А., Л. Брюса Арчера, Дж. Кристофера Джонсона и Герберта Саймона. Анализируется специфика исследований в дизайне и методические основы дизайн деятельности. Уделяется внимание стратегическому и системному подходу дизайн-проектирования.

1.1 Анализ методологии и исследований дизайн-проектирования

Структура комплекса мер и стадий дизайн-проектирования определяются на базе технического задания заказчика и может корректироваться на этапах создания продукта в соответствии с требованиями конечного результата. Чаще всего уточнение и возврат к более ранним этапам проектирования происходит на стадии предпроектного анализа и утверждения концепции (художественно-конструкторский анализ, эскизирование, составление проектной ситуации). Данный процесс обусловлен уточнением и сужением области задач, с учётом выбора концептуального варианта дизайн-решения, для последующего выхода на технический этап проектирования.

Уточнение технического задания зачастую происходит на этапе проектных исследований (сбор и анализ аналогов, раскрытие отношений «человек-предмет-среда», эргономический анализ). Корректировка технического проекта может возникнуть на момент утверждения конструкторских моделей и технической документации. В отдельных случаях

некоторые процедуры разработки объекта могут быть исключены из процесса художественного конструирования по желанию заказчика (если таковые не исключают возможность создания продукта или концепции), либо в отсутствие необходимости их проведения (например, бионический анализ формы, выявление потребностей пользователей, тестирование опытного образца и т.д.)

В определениях разных источников «промышленный дизайн» зачастую употребляется в двух значениях, как сфера деятельности, и как набор эстетических и функциональных качеств промышленного продукта. Все они в той или иной степени повторяют распространённое определение, сформулированное на совете ICSID в 1969 году в Лондоне (Международная организация промышленных дизайнеров) [1]. Общей характеристикой промышленного дизайна служит «массовость» изготавливаемого продукта в рамках технологического цикла. Поэтому практическим объектом деятельности является процесс проектирования, а предметом - разрабатываемый продукт.

Данное понимание встречается и в определении «художественное-конструирование» в статье Большой советской энциклопедии [2], выдвинутое ВНИИТЭ в 1962 году (Всесоюзный научно-исследовательский институт технической эстетики). В отличие от общей формулировки ICSID, определение «художественное конструирование» описывает дизайн не только как инструмент маркетинга, но и как социально-адаптивную деятельность, направленную на совершенствование окружающей человека предметной среды, создаваемой средствами промышленного производства. Подобный эффект достигается путём приведения в единую систему функциональных и композиционных связей предметных комплексов и отдельных изделий, их эстетических и эксплуатационных характеристик. Таким образом, в определении даётся общая сущность промышленного дизайна и раскрывается характер деятельности через процесс «комбинирования» качеств дизайн-объекта.

Следует также отметить, что в статье говорится о комплексном подходе в решении задач проектирования, который осуществляется во взаимодействии с

технологами и инженерами. Специалист основывается на «результатах научных исследований в различных областях науки и техники, на знаниях современного промышленного производства, его технологий и экономики» [2]. Сам по себе термин «художественное конструирование» определяет междисциплинарную специфику профессиональной работы как синтез инженерно-технического и художественного творчества.

В *промышленном дизайне методы* условно делятся **«художественные»**, **«инженерные»** и **«научные»** [3]. Данная классификация зачастую соответствует конкретным стадиям дизайн-проектирования, а их использование характеризуется задачами, решаемыми в процессе разработки. Например, художественные методы чаще всего применяются на этапе концепции, инженерные – на этапе технического проекта.

К **художественным** относятся стилистические и композиционно-выразительные методы, в основе которых лежит процедура стилизации объекта [4]. Стили в дизайне делятся по определённым периодам развития культуры (античный стиль, ренессанс, ампиризм и т.п.) и различным направлениям в дизайне (модернизм, классицизм, стайлинг и т.п.). Также существуют индивидуальные и корпоративные стили, отличающиеся особенностями композиционных приёмов и спецификой образного языка.

Следует отметить, что в основе геометрического построения формы лежат два **базовых принципа**: кристалломорфизм (чётко выраженные грани, ровные плоскости) и биоморфизм (плавные линии, аморфные формы, без ярко выраженных углов), которые чаще всего используются в сочетании друг с другом (рисунок 1.1). Преобладание того или иного типа формообразования является характерной особенностью многих стилей и направлений дизайна. Например, стилям конструктивизм и функционализм характерны чёткие геометрические формы, а стилям модернизм и шебби-шик (Shabby chic) - плавный «спокойный» декор.

Под **«инженерными»** методами понимается совокупность требований, при реализации которых объект рассматривается как система, сочетающая в

себе различные элементы. «Организация» составных частей и объекта в целом зависит от типа конструкции, требований технологической реализации и функциональных характеристик. Также на стадии конструирования объекта могут использоваться эргономические, тектонические и бионические принципы проектирования.



Рисунок 1.1 Примеры типов формообразования (биоморфизм, кристалломорфизм и смешенный)

Методы дизайн-проектирования («штучные методы»), применяемые при генерации идеи, сборе и структурировании информации, имеют выборочный характер, и используются по усмотрению специалиста. Данные «методы» можно назвать точечными средствами, так как по отдельности они не являются системой приёмов достижения конкретных задач проектирования, и используются не только в дизайне, но и в других направлениях деятельности. Ниже представлено несколько методов, использующихся при генерации идей:

- *Эвристическая аналогия (прямая, субъективная, символическая, фантастическая)*: базируется на поиске и использовании сходства, подобия предметов и явлений в живой и неживой природе (различают травильные и эвристические);
- *Метод агрегирования*: изделие рассматривается как конструкция, расчленённая на самостоятельные узлы, сочетание которых могут выполнять одну функцию, или при перекомпоновке - другую;
- *Комбинаторика*: многократное использование элементов дизайн-конструкций в разных системах нового или перекомпоновочного объекта,

имеет прямое отношение к унифицированному массовому производству (влияет на функцию и образ);

- *Метод эвристической инверсии* (метод проектирования от «противного», метод «переворота»): позволяет переосмыслить конструктивные и формальные качества объекта, изменить принцип устройства элементов, при этом не изменяя базовые функций объекта [5].

«Научные» методы или методы дизайн исследования, определяются как совокупность способов и приёмов изучения и анализа всех аспектов, связанных с полным жизненным циклом объекта, причём основной акцент делается на пользовательских потребностях и проблемах [6]. Данное определение является не полностью объективным, так как исследования в дизайне проводятся не только, на основе анализа мнения потребителей и наблюдений ситуации взаимодействия «человек-предмет-среда». Принятие решений может осуществляться на основе результатов исследования морфологии объекта, тектоники формы (выявление зависимости конструкции внешней оболочки от внутренней технической начинки), физических свойств виртуальной модели и т.п.

Один из первых кто ввёл термин «дизайн-исследование» был технический инженер Леонард Брюс Арчер работавший в Королевском колледже искусств. В 1964 году он первым стал профессором *Design Research*, сформировав группу исследователей, занимающуюся проблемами дизайна и их решениями. Он утверждал, что потребность научного подхода в дизайне настолько же важна, как потребность в искусстве и гуманитарном подходе. По его мнению, дизайн заслуживает собственного «тела» науки и знаний, не меньше чем обычные академические дисциплины. Он предположил фундаментальную научную концепцию дизайна, основанную на исследовании объектов познания при помощи моделирования, объясняя необходимость её применения так: «Как количественное мышление лежит в основе математики и грамотности гуманитарных наук, так и «моделирование» в дизайне должно широко преподаваться» [7].

Брюс Арчер сформулировать термин *дизайн-исследование* следующим образом: «это системное изучение, цель которого состоит в получении знания о форме, строении, структуре, назначении, ценности и смысле вещей и систем, создаваемых человеком» [7]. За базовый метод дизайн-исследований он взял, развивающийся в 60-е годы «системный подход», который позднее лёг в основу современного направления «*Design thinking*». Данное направление основано преимущественно на исследовании сложных систем в различных сферах, от разработки инновационных продуктов социальных услуг и сервиса, до планирования бизнеса и проектировании сложных экономических систем.

Герберт Саймон обозначил *целью дизайн-исследования* – рассмотрение, исследование и изучение предмета, искусственно созданного человеком и то, каким образом эти действия проявляются в академических дисциплинах или в производственных организациях. По его мнению, все действия дизайн-исследования можно определить, как «научные исследования искусственного» [8]. В своей книге *Наука об искусственном*, автор обозначает моделирование инструментом исследования, рассматривая его как *метод* позволяющий предсказывать поведение системы и изучать её структуру, и как *вид мысленного эксперимента*, никогда не осуществляемого на практике.

На основе данного контекста, можно сделать вывод, что реализованный процесс или продукт является своеобразной моделью, которому предшествовал процесс исследования объектов познания – моделирование. Структуру процесса проектирования можно разделить на две условных стадии: процесс абстрактного и виртуального моделирования. Первый – происходит при генерации решения, второй при работе с виртуальными объектами (чертежи, 3D-модели).

На рисунке 1.2 представлена схема проектирования Брюса Арчера, этапы которой, можно соотнести с этапами научного-исследования: постановка проблемы, определение цели и задач, анализ и структурирование данных, формирование гипотезы, проверка гипотезы и представление результатов исследования. Автор выделял три основных предмета дизайн-исследования:

процесс реализации проекта, дизайн-изделие и система познания и восприятия (реализация когнитивных процессов).



Рисунок 1.2 Стадии процесса проектирования Брюса Арчера

Сегодня объектов дизайн-исследования намного больше. Их связывают со следующими процессами:

- *физическое воплощение вещей*, как эти вещи выполняют свои функции;
- *«конструирование» деятельности специалистов*, как работают дизайнеры, как они мыслят;
- *достижение результата целенаправленной проектной деятельности*, каким образом реализуется предмет и какой смысл вложен его появление;
- *воплощение конфигураций изделия*, принцип комбинирования свойств объекта и создание модульных систем;
- *системный поиск и приобретение знаний*, связанные с разработкой проектной деятельности [9].

Следует заметить, что в сравнении выше упомянутыми направлениями, область исследований практического дизайна достаточно узкая, и в современной капиталистической экономике, сводится к изучению рынка и определения пользовательских потребностей. Решения в сфере проектирования новых дизайн-продуктов принимаются на базе спроса и конкурентных

преимуществ. В этом случае происходит «замещение» потребности научного подхода в изучении дизайна, известными маркетинговыми инструментами. Данная зависимость хорошо видна в системе образования дизайн-специальностей, где опытно-практический подход проектирования берётся за базовый принцип методологического аппарата, а исследования основываются не на научном подходе, а на анализе теории-дизайна, наблюдениях и изучении потребностей.

Основываясь на практическом опыте, следует отметить, что выявление пользовательских потребностей и проблем происходит на стадии предпроектного исследования, когда идёт формирование концепции, а также на завершающей стадии испытания продукта. Большая часть времени процесса проектирования отводится на технический проект и реализацию прототипа, где перед дизайнером могут возникать задачи исследовательского, экспериментального характера. Например, исследование визуальных свойств материалов и покрытий при разной структуре поверхности, или определение конструктивных и функциональных вариаций комбинаторных элементов дизайн-объекта.

Многие авторы сходятся на трёхступенчатом принципе разделения процесса проектирования: анализ, синтез и оценка (соответствующий стадиям творческого мышления). С позиции методистов ВНИИТЭ, содержание дизайн-процесса формируется фазами: проектирование, исследование критика. По Е.Н. Лазареву – это «форэскиз-предложение-проект». По В.Л. Глазычеву – это движение «от функции к конструкции и форме».

Кристофер Джонс считает, что «данное разделение не всегда образует единую универсальную стратегию, состоящую из ещё более дробных ступеней. Они имеют более элементарную природу – это лишь категории, которые позволяют нам обсуждать более «открытые концы» современной теории проектирования, хотя бы на том неточном описательном уровне, выше которого мы не можем подняться при нынешнем сочетании частичного знания с частичным неведением» [10].

«дробления» процесса проектирования должна заключаться в намерении структурирования и организации проектного процесса, что невозможно при примитивной классификации сложных процессов.

Автор определяет методы дизайна на основе стратегического подхода в проектировании, представляя их в форме ситуаций и мер, которые позволяют структурировать проблему, тем самым находя оптимальный вариант решения проектной задачи. Кристофер Джонс замечает принцип цикличности типа «от общего к частному» выполняемых задач, как при реализации конструирования объекта, так и планировании всей проектной стратегии. «Наличие цикличности предполагает, что важнейшие частные задачи остаются незамеченными до поздних этапов работы, а когда они обнаруживаются, требуется пересмотр решений, положенных в основу проекта, или даже полное прекращение работы» [10] - отмечает автор. *Уменьшение цикличности и увеличение линейности - цель методологии дизайн-проектирования.*

С.А. Васин берёт за основу трёхступенчатый принцип мышления (анализ, синтез и оценка), тем самым объясняя «популярность» трёхступенчатой модели проектирования. Для наглядности, автор приводит цепочки процедур проектирования и процесс определения категорий объекта, комментируя данный пример: «Исходя из характера формируемых свойств объекта, структура дизайн процесса охватывает «функциональное, технологическое и морфологическое проектирование», а движение проектной мысли идёт по линии: «функция (аксиология, общественная ценность вещи) – структура (морфология) – и форма (композиция). Тем самым, при согласованном решении разноплановых задач обеспечивается целостность и результативность дизайн процесса» (рисунок 1.3) [5].

Подобная «унификация» подхода в системе проектирования служит обобщающей процедурой при планировании действий, но служить методом анализа какой-либо сложной системы не может. Оперирование обобщениями структур разного типа сложности на базе логического «модуля» является грубым упрощением, соотношение которых сложно доказать. Кристофер

Джонс видит «цикличность» действий в уточнении результата, возникающее при повторных операциях, что берёт за основу «модуля». По его мнению, набор данных модулей (система операций) можно подвергать системному анализу, который позволяет «оптимизировать» процесс проектирования.



Рисунок 1.3 Цепочки процедур проектирования и определения категорий объекта на основе принципа мышления «анализ-синтез-оценка»

В таблице 1.1 предложены основные стадии разработки объекта в соответствии со сферами деятельности, которые должны осуществляться на производстве компаний, по мнению методиста дизайн-проектирования М.М. Михеевой. В таблице чётко выделены задачи, предъявляемые к дизайнеру и инженеру на том или ином этапе проектирования, что на практике не всегда соответствует данной классификации. Зачастую дизайнер осуществляет конструкторскую работу, доводя индивидуальную концепцию до реализации прототипа, параллельно осуществляя совместные консультации с инженерами занимающиеся техническим наполнением, и технологами подготавливающие форму для производства.

Таблица 1.1 Этапы разработки дизайна в соотношении с другими процессами проектирования [6]

	<i>Планирование</i>	<i>Исследования</i>	<i>Концепция</i>	<i>Проект</i>	<i>Испытание и доводка</i>	<i>Выпуск</i>
<i>Маркетинг</i>	Рыночная конъюнктура. Сегментация рынка	Конкуренты	Конкуренты	Определение цены продаж. Маркетинговый план	Рекламная стратегия	Рекламная компания
<i>Дизайн</i>	Техническое задание	Выявление потребностей	Идея продукта	Формообразование. Выбор материалов. Дизайн-проект	Потребительское тестирование. Корректировки	Авторское сопровождение
<i>Инжиниринг</i>	Оценка новых технологий	Выявление технических требований	Оценка воплощения идей	Конструирование. Проектирование документации	Испытание технического качества и корректировки	Оценка опытных образцов
<i>Производство</i>	Оценка возможностей производства	Производственные ограничения	Оценка осуществимости и совместимости	Определение технологических процессов	Подготовка производства	Запуск производства

В Приложении С представлена подробная схема проектирования промышленного изделия, на которой показано, что художественно-конструкторский проект - завершающий процесс концептуальной стадии. Создание САД-сборки (computer-aided design), разработка чертежей и другой документации происходит на технической стадии, где дизайнер продолжает разработку дизайн-объекта. На данном этапе ведётся постоянное уточнение общей формы, системы элементов, их соединений и креплений. При этом идеи конструкционного и функционального характера, заложенные в концептуальном проектировании, могут корректироваться и изменяться на основе требований технологической реализации. Исходя из этого, структура, представленная в таблице 1.1, не является точной.

Таким образом, изучение процесса дизайн-проектирования является основным объектом дизайн-исследования, основанного на структурировании задач и операций для достижения поставленной цели проекта. Выработка методологии решения проектных задач, является основой стратегического подхода в рассмотрении как дизайн-объекта, так и процедур, определяемых во

время планирования работы. Следует выделить свойства процесса проектирования:

- *цикличность*, возникает на разных уровнях процесса разработки изделия, в виде повторяющихся операций уточнения, пересмотра и изменения решения или задач;

- *модульность*, возможность декомпозиции разных уровней проектирования на ряд связанных между собой «единиц операций» (модулей);

- *системность*, совокупность взаимосвязанных процессов, образующих целостность всех уровней и подуровней проектирования;

- *результативность*, степень достижения проектных задач, в рамках общего процесса;

Инструменты реализации проектирования:

- *моделирование* – исследование и построение объектов познания, дизайн-объектов, процессов проектирования, сценария действий, ситуаций и т.п. на основе субъекта (исследователь) и объекта исследования (дизайн-объект);

- *системный подход* – рассмотрение процесса проектирования, как целостного комплекса взаимосвязанных элементов и их отношений, основанного на принципах структуризации, иерархичности, взаимозависимости и т.п.;

- *стратегический подход* – определённая последовательность действий, на основе целей и задач проектирования и дизайн-исследования, характеризуются степенью планирования.

Если метод проектирования позволяет решать задачи, то его можно обозначить как точечную стратегию в контексте всего процесса проектирования. В Приложении D представлены условные схемы видов стратегий и их управления. Применение адаптивных стратегий и стратегий приращения преследуют цель обеспечить ту или иную степень изменения схем поиска решения. Предназначены для оценки стратегии в целом в соответствии с критериями и промежуточными результатами осуществления самой стратегии. Данные стратегий зачастую скомбинированы в рамках процесса

проектирования и не встречаются в открытом виде, использоваться до тех пор, пока они решают проектные задачи.

1. 2 Обзор разработки дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр»

Медицинский браслет "Спинор" исполнение «Эйр» - аппарат КВЧ-терапии, являющийся источником низкоинтенсивного фонового излучения (менее 10 мкВт/м.кв) миллиметрового диапазона нетеплового воздействия, создаёт эффект биорезонанса. Аппарат представляет собой наручное электронное устройство, предназначенным для профилактики и повышения собственных возможностей организма человека. Должен соответствовать следующим требованиям:

- ТУ 9444-002-28833138-2009 реализуемые для портативного аппарата КВЧ-ИК терапии со сменными излучателями.
- Техническое задание, составленное в соответствии с требованиями и пожеланиями заказчика (Приложение Е).

Особенности использования аппарата:

- ежедневное ношение прибора на запястье руки;
- использование в привычных для человека условиях;
- фиксация прибора на тыльной стороне запястья;
- плотное соприкосновение с кожей запястья (воздействие на кровотоки).

Требования к функциональным характеристикам медицинского браслета:

- должен иметь конструкцию, надёжно защищённую от пыли и влаги;
- должен иметь на лицевой части корпуса индикатор работы и кнопку управления;
- конструкция должна позволять извлекать элемент питания для замены и обслуживания;
- электромагнитный излучатель должен надёжно фиксироваться на тыльной стороне запястья;

- браслет должен быть снабжён элементами, обеспечивающую фиксацию на запястье руки разного обхвата;

- браслет должен быть уменьшен в размере (по сравнению с нынешней актуальной версией) за счёт пересмотра микросхемы элемента питания.

План художественного-конструирования определён на основе этапов реализации концептуального замысла и технического проекта. Подробное представление этапов и результатов дизайн-проектирования медицинского браслета представлено в утверждённом плане (Приложении F), общая структура которого сводятся к следующим стадиям:

1. Предпроектные исследования (анализ ТЗ, художественно-конструкторский анализ, оценивание проектной ситуации).

2. Формирование концепции проекта (разработка эскизных предложений, включающих художественный образ, функциональные качества объекта, морфологические и технологические особенности и т.д).

3. Художественно-конструкторский проект (детальная проработка выбранной концепции включая форму и компоновку элементов изделия).

4. Технический проект (детальная проработка внешней формы с учётом технологической реализации).

Основные задачи, решаемые в дизайн-проекте:

а) аналитические и концептуальные задачи:

- 1) поиск и анализ аналогов;
- 2) определение концепции;
- 3) эскизирование и выбор наиболее удачного варианта.

б) практические задачи:

- 1) создание трёхмерных моделей комплекса;
- 2) визуальная подача объектов моделирования;
- 3) выполнение аналитических габаритно-компоновочных схем;
- 4) создание опытного образца по трёхмерным моделям.

в) дополнительные и общие задачи (осуществляются, в соответствии с проектной ситуацией):

- 1) проведение образно-художественного анализа;
- 2) топологический анализ формы;
- 3) определение сценария эксплуатации;
- 4) эргономический анализ.

1.2.1 Анализ предпроектной ситуации

Аппарат «Спинор-Эйр» в форме браслета существует в двух вариантах. Дизайн каждого проработан в соответствии с утилитарными и техническими требованиями портативного электронного устройства (рисунок 1.4). На данный момент прибор выполняет основную функцию, обусловленную его профилактическим действием. Какого-либо другого назначения или функциональных характеристик, дизайн корпуса и браслета не несёт. Параметры, непосредственно не влияющие на выполнение основной функции, интересуют заказчика в наименьшей степени.



Рисунок 1.4 Существующие варианты браслета «Спинор-Эйр»
компании ООО «Спинор»

Распространённым вариантом прибора на рынке является вариант 2-й, имеющий силиконовую форму ремешка, в которую помещается корпус платы. Браслет фиксируется при помощи металлической застёжки, корпусом платы вниз, что создаёт диссонанс у пользователя при использовании прибора. В большинстве своём, использование аналогичных форм (часы, декоративные браслеты и т.п), подразумевает ношение объекта наоборот. Также часть браслета с платой, достаточно крупная в соотношении обхвата руки. Это обусловлено не только размером корпуса платы, но и толщиной стенок силиконовой формы. Учитывая повседневное ношение данного прибора на

руке подобным образом, следует предположить, что это может вызывать систематические неудобства, например, при работе за столом (рисунок 1.5).

Непривычный изгиб запястья и дополнительная высота формы при упоре руки на твёрдую поверхность, может мешать обычной работе. При упоре руки при письме, возникает дополнительное давление на корпус платы, что следует предусмотреть при размещении управляющих элементов, таких как кнопка, предотвратив несанкционированное включение прибора. Следует отметить, что плотное прилегание широкого ремешка к коже руки, без циркуляции воздуха, может повлечь запотевание кожи в месте соприкосновения силиконового материала.



Рисунок 1.5 Варианты положения руки при работе за столом

Вариант 1-й прибора, осуществлённый в виде браслета, имеет декоративно проработанный дизайн корпуса платы, но сама форма корпуса ничем не обоснована, так же как попытка зафиксировать его на запястье при помощи эластичного ремешка. К данному варианту также относятся замечания, касающиеся удобства повседневного ношения медицинского браслета, указанные выше.

При проектировании нового дизайна ремешка следует изменить следующие параметры:

- уменьшить высоту корпуса платы относительно существующего варианта прибора;
- уменьшить ширину ремешка по всей его длине, сделать переход от зоны корпуса к ремешку более однородным;

- учесть ношение браслета на внутренней стороне запястья, проработать зону соприкосновения датчика с кровотоком;
- перенести управляющие элементы на боковую часть корпуса для предотвращения несанкционированного включения;
- предусмотреть элементы для удобного застёгивания одной рукой;
- предусмотреть дополнительную перфорацию на ремешке;
- предусмотреть возможность смены ремешка.

Прямых технических аналогов медицинского браслета «Спинор-Эйр» нет. Однако существует достаточно широкий рынок электронных гаджетов, реализованных в виде браслетов: «фитнес-браслеты» (fitness bracelet/trackers), «умные браслеты» (smart bracelet). Данные гаджеты предназначены для людей, ведущих активный образ жизни для достижения целей физической активности. Гаджет позволяет совершать обмен информацией между устройствами и гарнитурой; отслеживать и фиксировать параметры физической активностью носящего; предоставляет управление некоторыми функциями на мобильном телефоне; позволяет активировать приложения и т.п.

В данном случае интерес представляет дизайн внешнего вида устройств, поэтому следует рассмотреть аналоги с точки зрения эстетических, морфологических и эксплуатационных особенностей, учесть при этом выявленные недостатки вариантов дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр», существующие на сегодняшний день в продаже (Приложение G).

В рассмотренных аналогах не было найдено браслетов, которые решали бы задачу с ношением основного модуля с внутренней стороны запястья. В рассмотренных аналогах застёжка не является декоративным элементом. Соответственно решение данной проблемы является актуальной задачей для разрабатываемого дизайна прибора. Также следует отметить, что среди аналогов, существует тенденция в миниатюризации общей формы браслета, обусловленный удобством ношения гаджета на руке. Также дизайн гаджетов тяготеет к современным направлениям художественного формообразования, таким как: Хай-тек (hightech) и Био-тек (biotech),

Цельная конструкция ремешка и модуля платы, чаще всего встречается у браслетов, которые могут использоваться под водой. В случаях съёмного модуля предусмотрена влаго- и пыле защита, в качестве которой чаще всего выступает силиконовая форма ремешка.

1.2.2 Эскизные предложения и определение концепции

Подробный план реализации этапа «Определение концепции» представлен в Приложении Н.

Разработка вариантов концепции происходила в два этапа. На *первом этапе* предложены эскизы браслетов, на которых представлен внешний вид объекта, его конструктивные и функциональные особенности (Приложение J). Из общего числа вариантов, были выбраны три наиболее удачных решения (Приложение K, L, J – вариант 4). Выбор, в первую, очередь обусловлен мнением заказчика, и конструктивными особенностями формы. Форма оценивалась с учётом технологической сложности реализации, удобства и простоты использования элементов браслета.

В концепции 1 (Приложение K) определён вариант 3-й конструкции прибора, которая состоит из трёх основных элементов: силиконовый ремешок; модуль платы, вставляющийся в силиконовую форму ремешка; модуль-фиксатор, который несёт две основные функции: фиксирующий элемент ремешка и модуль для размещения корпуса платы. Модуль-фиксатор (составной элемент) является подвеской, при наличии вставленного модуля платы. В случае, когда элемент используется на ремешке в качестве фиксатора и носиться на внешней стороне запястья, он несёт функцию декоративной детали. Сама по себе форма ремешка достаточно однородна, и не имеет сложных структурных элементов. Материалы варианта браслета: алюминий и силикон.

В концепции 2 (Приложение L) рассматривается модульный вариант дизайна браслета. В данном случае браслет состоит из модуля платы, фиксирующих элементов и двух частей ремешка. Фиксирующий элемент

соединяет ремешок и модуль платы в общую конструкцию при помощи винтов или застёжек. Модуль платы имеет симметрическую конструкцию вытянутого параллелепипеда, на одном конце которого прозрачная пластиковая линза под индикатор, а на другом силиконовая заглушка, закрывающая USB-порт. Конструкция имеет сложную форму, основанную на принципе компоновки элементов в цельный объект, что не оправдывает решение формообразования ни пользовательскими, ни комбинаторными функциями. На поверхность ремешка есть возможность нанести декоративный рельеф. Материалы: силикон, пластик и металл.

Концепция 3 (Приложение J – вариант 4), имеет аналогичную конструкцию существующего варианта прибора (рисунок 1.4). Основные элементы данного варианта: силиконовая форма ремешка, корпус платы и крепёжный элемент ремешка. Корпус платы в данном случае является отдельным элементом, который вставляется в силиконовую форму. Конструкция изделия, достаточно проста в использовании. Материалы: силикон, пластик.

Основная цель *второго этапа* заключалась в наглядном и доступном представлении дизайн-решений в виде презентационного материала, который содержал: визуальные модели, приближенные к реальным размерам; функциональный анализ элементов и всей конструкции в целом; анализ художественного образа концепций.

В Приложении M, представлены изображения, демонстрирующие художественный образ концепций.

I образ - «Акцент в статичной геометрии». Основа образа: куб на фоне пустыни (акцентная форма – квадрат и симметричные плавных линий). Способ создания формы: от изогнутой формы к примитиву. Создание формы направлено от бионической, к геометрически-акцентной композиции. Базовый тип формообразования - кристалломорфизм.

II образ – «Монолитная конструкция». Основа образа: небоскрёб треугольной формы, или монолитная архитектура в перспективе. Способ

создания формы: от общей геометрической формы к модульности конструкции. Образ основан на геометрически-правильной базовой форме, которая преобразована в набор составных элементов. Базовый тип формообразования - кристалломорфизм.

III образ – «Биоморфная стилизация». Основа образа: морская галька. Способ создания формы: от бесформенного к упорядоченной форме. Образ основан на преобразовании бесформенного объекта в завершённую геометрическую конструкцию. Базовый тип формообразования - биоморфизм.

Основой для трёх стенографий являются использование акцентных включений в форму, как за счёт геометрических элементов, так и за счёт декоративных вставок, например, логотип компании, текстуры (рисунок 1.6). Текстуры для декорирования ремешков выбирались в соответствии с художественным образом концепции.

При моделировании вариантов концепции происходило уточнение функций и элементов прибора. Предполагалось, что 1-я концепция будет содержать съёмный модуль платы, фиксация которого производится на внешней стороне ремешка при помощи жёстких пластин в силиконовой форме (Приложение N, концепция 1). Застёжка ремешка, выполненная из металла, состоит из двух элементов, которые на основе защёлкивающейся конструкции, закрепляет рельефный ремешок. В данном варианте корпус платы является декоративным элементом, и подразумевает ношение прибора на внешней стороне запястья, что не удовлетворяла требованиям заданных параметров. Конструкция данного варианта впоследствии была подвержена пересмотру.

В Приложении P, представлена изменённая система элементов ремешка, в соответствии с требованием дизайн-решения. Принцип сборки элементов существенно упрощён, что объясняется доступной технологической реализацией и способом использования системы элементов. В функциональном анализе также учтена возможность использования фиксирующего элемента и модуля платы в качестве подвески.

В Приложении N также представлен функциональный анализ 2-й концепции, конструкция которой и сценарий использования не был изменён в процессе моделирования. Данный вариант рассматривается как второе по значимости дизайн-решение, и рекомендуется как завершенная концепция.

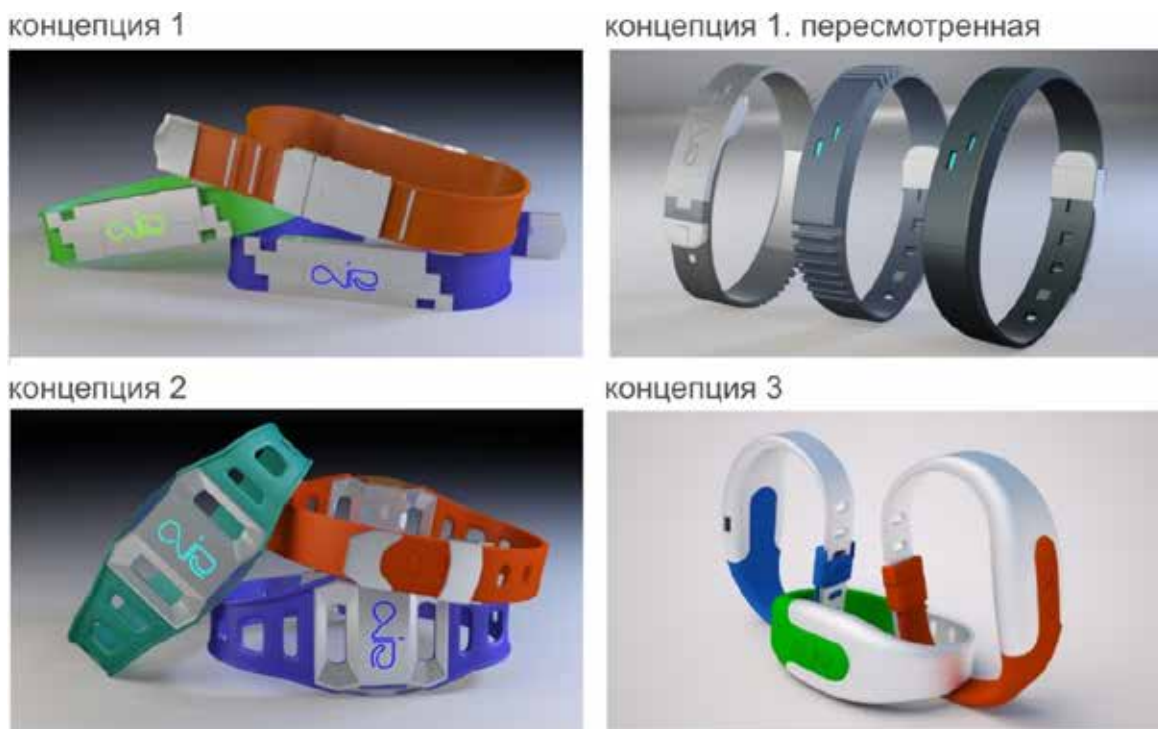


Рисунок 1.6 Визуализация вариантов концепции

Для формирования цельного представления об изделии на стадии «определение концепции», проанализированы категории объекта: образ, функция, морфология, технологичность формы, эстетическая целостность. Результаты представлены в сравнительной таблице Приложения Q. Сравнивая приведённые категории объектов, следует заключить, что каждый вариант концепции уникален как самостоятельное художественное решение, и имеет законченную, самодостаточную художественно-пространственную композицию.

Варианты браслетов различаются по функциональным и конструктивным особенностям. В нашем случае количество элементов и возможность их комбинаций в самостоятельные конструкции должны задавать дополнительные функции объекту, то есть количество элементов должно быть минимальным в отношении заложенных функций. В противном случае усложнение

конструкции по средствам дробления элементов не будет целесообразным и оправданным.

Из этого следует, что на данный момент 1-я концепция наиболее удачная, так как содержит минимальное количество элементов, которые удовлетворяют эксплуатационным требованиям дизайн-объекта и приносящая дополнительную функцию, при сборке модульного и фиксирующего элемента (подвеска). В то время как 2-я концепция, ввиду большого количества элементов выполняет только одну базовую функцию медицинского браслета. Тип конструкции 3-й концепции является закрытой и не имеет дополнительных функциональных особенностей конструкции.

1.2.3 Техническое проектирование выбранной концепции

Основная цель технического (полного) проектирования: доведение принятых решений до возможности реального воплощения дизайн-концепции. По принятому эскизу и утверждённой концепции разрабатывается конструкторский-проект на изделие включающий САD-сборку, схему сборки и общие чертежи. Подробный план реализации этапа «Технический проект» представлен в Приложении R.

Данный этап работы реализуется в контакте с конструкторами и технологами. Этап включает:

- уточнение конструкторских и технологических решений, окончательное согласование дизайна с технической "начинкой", комплектующими;
- уточнение эргономических параметров;
- уточнение размеров;
- уточнение формы;
- разработку САD-модели;
- разработку чертежей;
- предложение цветового, графического и фактурного оформления.

На основе утверждённого плана сформированы основные этапы проектирования, которые делились на два основных блока: создание точных моделей для реализации прототипа и тестирование прототипа с последующей корректировкой моделей. При реализации технического проектирования шло поэтапное уточнение размеров и формы объекта. Изменения производились с учётом технических и технологических требований, которые сводились к минимизации затрат на изготовление прибора (технология изготовления, использование материалов, постобработка, характер сборки изделия и т.п.).

Комбинация основных элементов выбранной концепции, значительных изменений не претерпевала, в то время как габариты внешних и внутренних поверхностей объекта постоянно корректировались, как относительно элементов платы, так и габаритов внешнего корпуса. В данном случае характер формы остался прежним в соотношении уточнённой концепции, объём изделия изменился.

I ход преобразований. Реализация данного этапа происходила с полным соблюдением концептуального замысла, главная особенность которого заключается в дополнительной эксплуатации корпуса платы и фиксирующего элемента в качестве декоративной подвески.

На данном этапе, корпус платы имел две основных части и дополнительные элементы: основной корпус, боковая крышка корпуса, кнопка, линза под светодиод (рисунок 1.7). В зонах утолщения материала ремешка, выполнено гофрированные поверхности, для снижения возникающей упругости при сгибании. Данное решение также является декоративным включение, так как форма углублений может иметь разные варианты геометрии и ритм повторения (Приложение S). Корпус платы вставляется в фиксирующий элемент, на поверхности которого сквозной вырез в форме логотипа прибора. Логотип подсвечивается линзой светодиода. Площадь поверхности линзы соответствует площади логотипа.

Изменение габаритов корпуса также влекло за собой изменения габаритов ниши в ремешке, которая полностью повторяет внешнюю форму корпуса.

Поэтому возникала необходимость каждый раз пересматривать габариты основных элементов, при корректировке размеров корпуса. Следует отметить, что на данном этапе, удалось сохранить функциональные качества концепции, «зафиксировав» габариты основных элементов. В Приложение S представлены окончательные модели браслета данной промежуточной работы.

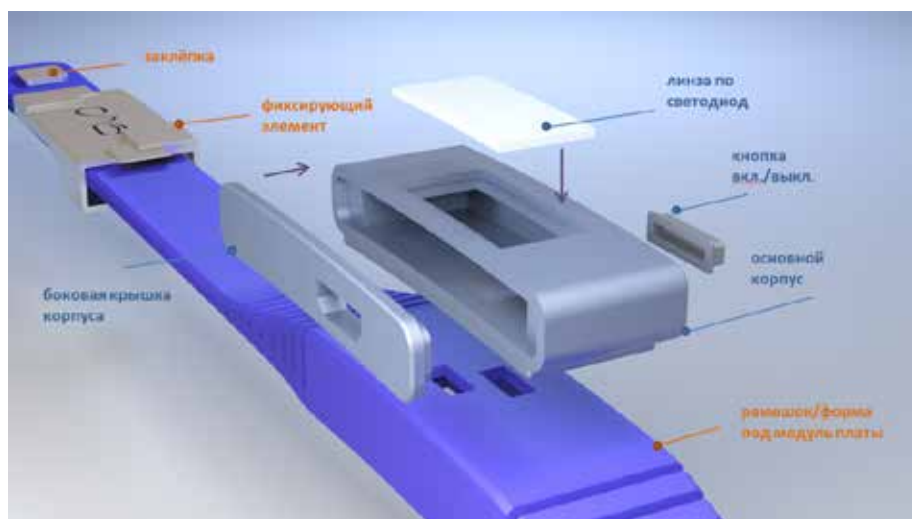


Рисунок 1.7 Элементы браслета. I ход преобразований

В данном случае, размеры фиксирующего элемента сопряжены с размерами корпуса платы (возможность вставки одной формы в другую) (рисунок 1.8), и ограничены размерами фиксирующего элемента. В свою очередь габариты по ширине и высоте фиксирующего элемента ограничены шириной ремешка, и высотой двух толщин ремешка (4 мм). Подобная вынужденная привязка к размерам элементов, ограничивает возможность в корректировке габаритов изделия, что в дальнейшем, при компоновке внутренней начинки корпуса, выявило невозможность реализации функции подвески (см. II ход преобразований).

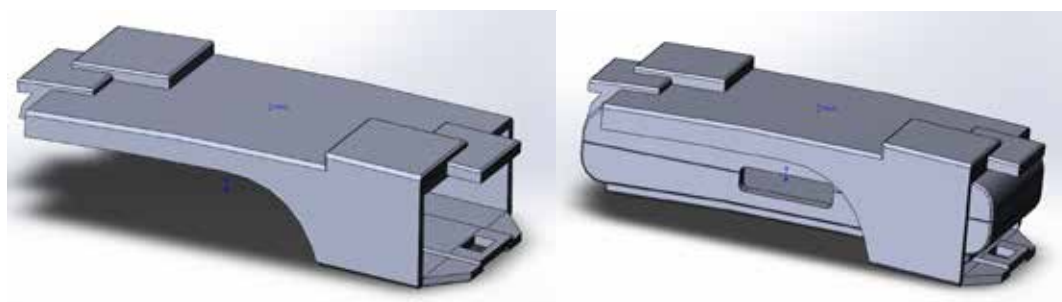


Рисунок 1.8 Сборка модуля платы и фиксирующего элемента (подвеска)

На данном этапе, ниша ремешка под корпус платы имеет толщину 7.5 мм. Это минимальный размер, который удалось добиться в проектировании прибора, основываясь только на внешних расчётах в совокупности с размерами основных элементов (Приложение Т-3). Данный параметр удовлетворяет требованию технического задания, которое заключалось в уменьшении высоты корпуса платы, для удобного ношения на внутренней стороне запястья. Дальнейшее изменение габаритов элементов прибора основывалось на ранее заданных параметрах модели.

II ход преобразования. Второй этап работы технического проекта характеризуется детальной проработкой внутренней «начинки» корпуса. Компоновка элементов платы влияла на габариты корпуса, что в свою очередь, влекло изменения в размерах ниши ремешка и фиксирующего элемента. Отказ от сборки корпуса и фиксирующего элемента в качестве дополнительного функционального модуля (подвески), объясняется габаритным несоответствием корпуса. Увеличение размеров отверстия фиксирующего элемента под ремешки, сделали бы бессмысленными данную функцию. То есть фиксирующий элемент стал бы слишком крупным и мешался бы при использовании браслета.

Размещение аккумуляторной батареи внутри корпуса, потребовало увеличение высоты и ширины корпуса платы. На данном этапе, максимальная толщина ремешка 10.8 мм. Внешний размер высоты корпуса 9.8 мм.

Основные элементы конструкции корпуса: окно под светодиод (рассматривается как одно целое с корпусом), верхняя и нижняя часть корпуса, кнопка управления, самонарезающие винты, «шахты» под винты, ограничители аккумулятора, micro-USB, электронная плата и аккумулятор. Ремешок состоит из элементов: фиксирующий элемент, силиконовая форма, крепёжный элемент для фиксации браслета на руке. Для фиксирующего элемента предусмотрены отверстия в силиконовой форме, для перемещения элемента вдоль ремешка. Решение предусматривает возможность регулирования положения декоративного элемента на руке (рисунок 1.9).

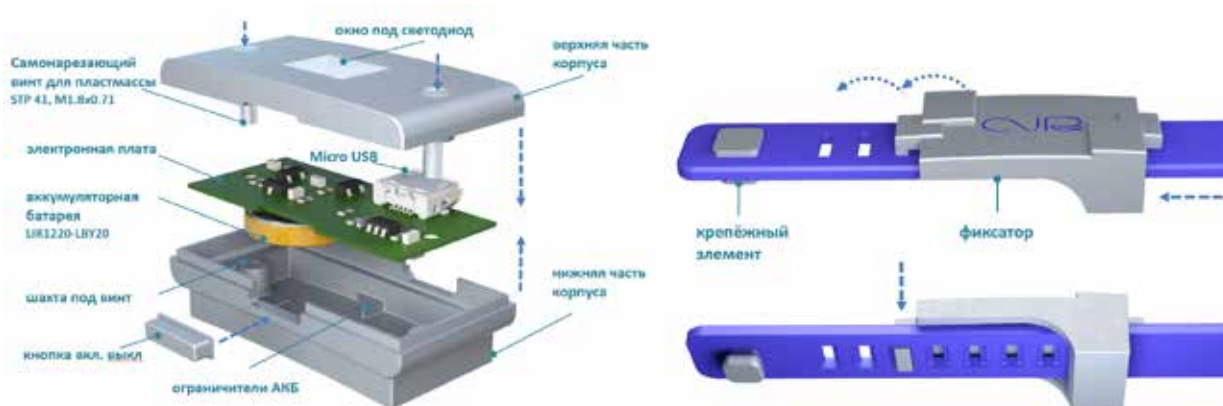


Рисунок 1.9 Элементы браслета. II ход преобразований

Окно под светодиод рассматривается как единое целое с корпусом платы. Корпус выполнен из прозрачного АБС-пластика покрытый лакокрасочной эмульсией (Приложение U). Две части корпуса выполнены с учётом требований изготовления изделия технологией горячего литья под давлением. В процессе моделирования корпуса были представлены три дополнительных варианта разделения корпуса с учётом реализации данной технологии (Приложение V).

На рисунке 1.10 представлены модели с вариантами размещения «шахт» под винты. В первом, промежуточном варианте, шахты располагаются снизу, во втором - сверху. Второй вариант наиболее удачный, так как нижняя часть корпуса, прилегающая к коже, ровная, а отверстия под винты скрыты силиконовой формой ремешка.

Материалы и требования изготовления прототипа браслета «Спинор-Эйр» представлены в таблице Приложения W. Опытный образец Приложение X.

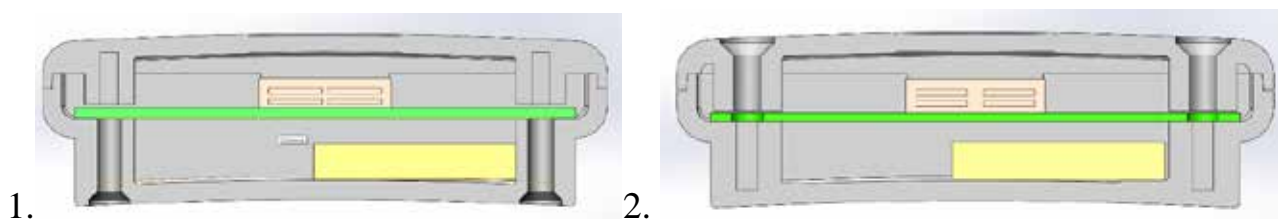


Рисунок 1.10 Варианты размещений шахт под винты

Разработка и корректировка платы происходило параллельно процессу дизайн-проектирования, что позволило оперативно уточнять габариты и компоновку внутренних элементов устройства. На размер платы и компоновку

элементов, влияли базовые размеры корпуса, которые задавали характер формы дизайн-объекта. Для реализации выбранной концепции дизайна было необходимо изменить: компоновку компонентов платы, размеры платы, тип источника питания на аккумулятор, с модулем зарядки устройства через mini-USB.

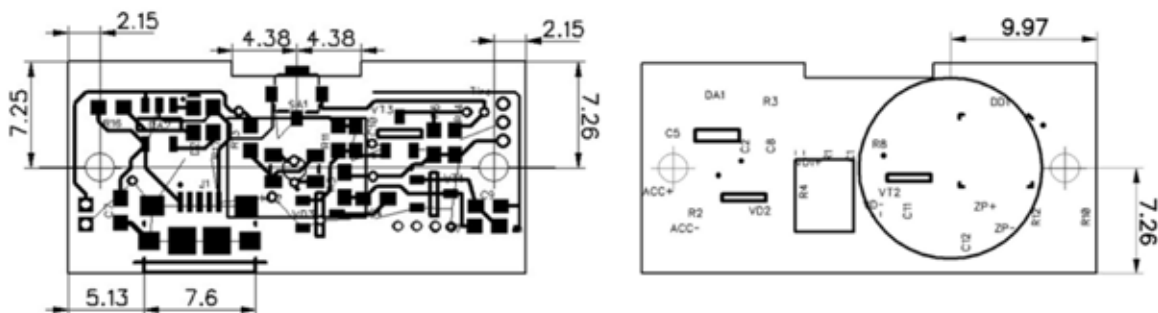


Рисунок 1.11 Схема платы на момент создания прототипа

Подбор и спецификация элементов прибора завесили от технических и габаритных параметров. Ниже приведён общий список элементов, которые использовались при создании электронной начинки на момент прототипирования изделия:

- LIR1220-LBY2 Аккумулятор литиевой- таблетка. Напряжение: 3.6 В, ёмкость: 0.012 Ач [11];
- Micro-USB 2.0 (тип: B) [12];
- Тактильный переключатель Ultra-small (SMT) (серия: B3U) [13];
- Светодиодная лампа KAA-3528ESGS [14].

1. 3 Выявление проблем в решении задач проектирования

Процесс проектирования медицинского браслета «Спинор-Эйр» был рассмотрен комплексно, в виде логических схем (Приложение Y). На основе их структуры дан анализ целесообразности выбора стратегии и основных этапов проектирования; обоснованности принимаемых решений в ходе работы; проблемных отрезков работы, где процесс шёл циклическим образом и занимал достаточно большое количество времени; методов и их полезности применения в процессе разработки объекта. На основе выявленных проблем даны общие

рекомендации, которые можно использовать в дальнейшем при работе над дизайн-проектами.

На схеме принятия дизайн-решений видно, что процесс выбора и утверждения решений имеет разветвлённую структуру, с параллельным и последовательным чередованием действий. Каждый этап приведённой последовательности заканчивается утверждённым вариантам конструкторского решения, на базе которого продолжается проектная работа. За исключением этапа эскизных предложений, разработка решений шла на основе стратегии «приращения» (Приложение D, схема 3), путём приспособления существующего решения к конструкторским изменениям. Это позволяло вносить незначительные изменения, постепенно уточняя концептуальный замысел. Можно заключить, что проектирование имело общий последовательный характер, в соответствии с утверждённым планом.

Больше всего времени занял технический проект, на котором проводился повторный пересмотр модели при возникновении недочётов технологического и конструкционного характера. Например, на отрезке первого хода действий (Технический проект. Ход 1), решение по разделению корпуса на две части принималось четыре раза (таблица 1.2). Причина тому, невозможность предсказать технологические требования исполняющей группы и не полные знания технологического процесса исполнителя.

Таблица 1.2 Проблемные отрезки работы Технического проекта

Ход технич. проекта	Задача	Действия	Характер и степень изменений	Время (дни)
1	Реализовать концепцию с учётом технологических требований	Разделение корпуса на две части	Приводило к изменению: габаритов корпуса, размещения кнопки и отверстия под USB-порт, принципа вставки корпуса в силиконовую форму ремешка	18
	Реализовать функцию подвески (в дальнейшем отказ от данной функции)	Вставка в фиксирующий элемент модуля платы	Приводило к корректировке: формы корпуса платы, внутренней формы фиксатора, высоты фиксатора относительно ширины ремешков, принципа вставки корпуса в силиконовую	28

			форму ремешка	
2	Уточнить форму корпуса относительно внутренней начинки	Компоновка элементов платы относительно формы (наоборот)	Приводило к изменениям: компоновки элементов платы (кнопка, светодиод, USB-порт) относительно элементов корпуса и наоборот, внешним габаритам корпуса, габаритам ремешка.	65
		Вставка аккумулятора в корпус платы	Приводила к корректировке: высоты и ширины корпуса платы. Создание ограничителей для аккумулятора.	
		Размещение креплений (винты)	Создание шахт под винты. Приводило к корректировке: формы шахт, принципа размещения с верху или снизу корпуса платы. Перемещение отверстий под резьбу.	

Следует отметить что полной «линейности» действий в процессе дизайн проектирования добиться невозможно, но можно частично оптимизировать ход работы, например, запланировать работу ступенчатым образом. То есть перед каждым новым решением или блоком решений определять действия для каждой конкретной задачи и выявлять вариативность результата, что соответствует типу «адаптивной» стратегии (Приложение D, схема 2). Принятие типа стратегии зависит от взгляда на задачу, определяемую на основе отобранных критериев разработки. Таким образом, происходит управление стратегией, то есть выбор новой или сохранение ранее принятой стратегии (Приложение D, схема 5).

В случае технического проектирования медицинского браслета, подобных шагов не принималось, более того составленный план действий художественного-конструирования имел общий, рекомендательный характер, некоторые действия из которых не были произведены по причине выявленной ненужности, нехватки времени и т.п. Установленные строки этапов проектирования несколько раз продлялись, что привело к увеличению времени на реализацию технического проекта на два месяца. Исходя из этого, качество принимаемых решений, на основе неожиданно возникающих проблем, зачастую оказывалось не удовлетворительным.

Концептуальный этап проектирования завершился в запланированные сроки. Задачи и цели данного этапа были строго определены и известны заранее. Сужение предлагаемого выбора и постепенное уточнение эскизных предложений, полностью соответствует «разветвлённой» стратегии (Приложение D, схема 1). Следует ответить, что этап формирования концепции, является проще технического проекта, так как принимаемые решения не зависят от строгих технических и инженерных требований.

Методы дизайн-проектирования - совокупность действий, которые сложно классифицировать по определённым признакам. Лучше всего разделять методы по результату, который они позволяют получить [15]. Так, например, методы дизайн-проектирования медицинского браслета можно разделить на обязательные, использование которых позволяют *решить или проверить ту или иную конструкторскую задачу* и вспомогательные, которые направлены на *демонстрацию результата* дизайн-решения. В таблице 1.3 приведены основные методы и их целесообразность применения, на стадиях проектирования.

Таблица 1.3 Анализ методов проектирования медицинского браслета

Этап (прил. Y)	Метод (действие)	Процесс	Задача	Результат и комментарий
I-2	1. Анализ аналогов	Поиск существующих решений функционального и художественного характера	Найти существующие решения на основе которого можно создать новый объект путём заимствования.	Выявление простого принципа застёгивания браслета. Выявление качеств материала и их стоимости.
	2. Анализ художественного образа (сценография)	Поиск композиционных и эмоциональных образов в художественных произведениях, абстрактный перенос природных и искусственных явлений и форм.	Определить выбор цвета, формы на основе художественного образа.	Наглядная демонстрация художественного решения заказчику. Для специалиста не имеет принципиального значения.
	3. Сценарный	Воспроизведение	Найти требования к	Ход действий при

	анализ	сценария использования объекта на основе наблюдений и абстрактного моделирования (что, если...)	эксплуатации объекта. Заложить функциональные параметры. Выявить недостатки аналогов.	использовании браслета. Утверждение параметров, которые следует изменить. Может применяться специалистом на любом этапе в качестве мысленного моделирования ситуации.
II-3..5	4. Ручное эскизирование (поиск решений)	Мысленное моделирование конструкции, функции, образа в процессе рисования или компьютерного моделирования	Наработать и уточнить утверждённые варианты дизайн-концепции	Варианты концепции браслета, предоставленные заказчику. Важный этап для специалиста, так как позволяет сформировать идеи и наглядно представить их.
III – 6,7	5. 3D - моделирование	Формообразование и конструирование при помощи инструментов компьютерного моделирования	Разработать форму и конструкцию дизайн объекта и его элементов в виде сборки, с учётом технологических и технических требований	Техническая 3D-сборка с утверждёнными конструктивными особенностями. Базовый метод проектирования промышленного изделия.
IV – 8..10	6. Анкетирование и опрос на базе созданного прототипа	Опрос пользователей или экспертной группы на заранее сформированные вопросы и принятие решений на основе их мнения	Выявить параметры, которые следует изменить. Определить проблемы функционального характера	3D-сборка с внесёнными изменениями. Важный этап для специалиста, так как позволяет получить общее мнение о дизайне объекте.

Анализа художественного образа являются вспомогательным приёмов для определения идейной основы концепции. Подобные приёмы сложно назвать методами исследования в дизайне, так как они используются точечно и не дают целостного представления о проблеме и её решении. К методам исследования в дизайне следует относить системный анализ, организационное

и стратегическое планирование, моделирование, тестирование и т.п., то есть те методы, которые позволяют исследовать, конструировать, анализировать объекты и процессы как цельные взаимосвязанные комплексы и системы.

Метод компьютерного моделирования и эскизирования, применялись как базовые при разработке дизайн-решения, так как позволяют сформировать концептуальный замысел, провести формообразование объекта, определить конструкцию на основе функциональных требований. Данные методы следует рассматривать как базовые в «выражении» интеллектуальной деятельности специалиста. Конструирование или синтез в широком смысле, лежит в основе не только дизайн-проектирования, но и любой другой профессиональной деятельности [8].

Глава 2. Тестирование медицинского браслета «Спинор-Эйр»

В методологии дизайна нет утверждённого термина тестирования дизайн-решения, поэтому основная задача данной главы сводится к определению терминологии и теоретическому и практическому анализу тестирования, как методики эмпирического исследования в дизайне. Данный метод может быть эффективным способом управления процессом проектирования на основе анализа и корректировки принимаемых решений. Для этого следует доказать что применение тестирования, как отдельного метода контроля эргономических параметров изделия, позволяет выявлять проблемы конструкционного и функционального характера в процессе проведения концептуального и технического проекта.

В главе выделяются наиболее значимые события в формировании исследовательской и научной деятельности в дизайне. Анализируется специфика подходов к проблемам и методическим основам дизайн деятельности. Уделяется внимание роли испытаний в дизайне и в смежных дисциплинах (эргономика, инженерия и т.п).

В главе реализованы две методики физического и виртуального тестирования на примере дизайн-решения медицинского браслета «Спинор-Эйр». Проводится корректировка дизайн-решения медицинского браслета, на основе полученных данных тестирования. Доказываются преимущества виртуального тестирования на основе модели с использованием современных компьютерных технологий, перед тестированием физического прототипа.

2.1 Методические основания применения тестирования в дизайне

Данная часть представляет собой теоритический анализ состоятельности тестирования как метода исследования в дизайне. В ней говорится о необходимости создания современных методик и технологий для решения проблем и задач дизайн-проектирования. Проводится краткий исторический обзор формирования дизайна как научного направления. Уделяется внимание

междисциплинарному подходу в решениях проблем проектирования, формированию поколений методов и влиянию технологий на цели и задачи дизайн-исследований.

Дается определение понятию «дизайн-тестирование», как методу исследования и контроля качества дизайн-решения. Поясняются его задачи и цели, определяется область применения и ситуации использования. Предлагается общая структура приёмов тестирования, описывается практическое назначение метода в процессе дизайн-проектирования. Рекомендуются и дается обоснование применения тестирования как методики контроля и анализа эргономических параметров дизайн-решений.

2.1.1 Формирование науки о дизайне

Начало исследований в дизайне в 60-е годы на базе исследовательских центров и организаций (ВНИИТЭ СССР, Группа дизайн-исследований при Королевском колледже искусств в Лондоне, Международный конгресс исследований в дизайне), сопровождалось в первую очередь попытками формированием методологии дизайна как науки. Учёные и конструкторы (Г.П. Щедровицкий, В.Л. Глазычев, О.И. Генисаретский, Брюс Арчер, Том Маркус, Герберт Алекс Саймон, Кристофер Александер и т.д) искали рациональные методы для объединения технических и научных знаний в области дизайна, чтобы выявить главные принципы дизайн-деятельности. Велись попытки выработать рациональные критерии по принятию дизайн-решений и оптимизации проектирования, что было сложно доказуемо, но необходимо.

В Советском союзе создан передовой институт ВНИИТЭ, который был назначен главной проектной и исследовательской организацией в области дизайна. Развитие науки о дизайне было потребностью, не только конструкторов и учёных, но и государства, которое видело в нём улучшение качества продукции машиностроения и товаров культурно-бытового назначения. Основатель школы методологии художественного-

конструирования Г.П. Щедровицкий отмечал, что науку дизайна следует «построить» в ближайшие сроки, «теоретики дизайна уже не могут рассчитывать на естественный процесс отбора удачных понятий и удачных решений задач», следует «спроектировать» науку, создать ее части и элементы в соответствии общим проектом [17].

Британский инженер Рэй Струдер утверждал, что дизайн должен быть «научным», поиск «единицы анализа, измеряемой и доступной, эмпирической зависимости» позволит, по его мнению, определить фундаментальные принципы дизайн-деятельности. Решение Струдер видел в систематизации накопленных знаний и в их преобразовании (синтезе) с новыми научными направлениями [10].

Научный подход в дизайн-исследованиях способствовал формированию современной области методологического характера – «дизайн-мышление» (*Design thinking*), которая применяется в различных областях человеческой деятельности. Системное проектирование относится больше к практической реализации дизайн-объектов. И то и другое опирается на системный подход и связано с решением именно актуальных стратегических задач. Примечательно, что многие методы и подходы ВНИИТЭ предвосхищали появление активно развивающегося на Западе направления *Design thinking*.

Системный дизайн в несколько иной формулировке «дизайн-программирование» возник в середине 70-х в Советском союзе во ВНИИТЭ. С появлением вычислительных систем для учреждений производственного сегмента, появилась необходимость нового подхода в организации и оптимизации труда на рабочем месте (например, проект «Электромера» 1974 года) [18]. Примерно в это же время, методистами ВНИИТЭ введён термин «функциональный комфорт» как принцип организации труда в техногенном обществе. Позднее данный термин стал новым разделом в науке о дизайне и нового направления в нём, получившего название эргодизайн.

Поиск сущности дизайн-деятельности и её места в научной области, проходила на базе поиска методологий, которые составили бы концепцию

целостного взгляда на проблемы дизайна. В Европе и США данному предмету были посвящены семинары и симпозиумы научных сообществ и университетов, они позволяли взглянуть на проблемы дизайн-деятельности с разных позиций научного, инженерного сообщества и сформировать общее мнение по возникающим вопросам. Следует отметить некоторые значимые мероприятия: конференция «Методы дизайна» (*The Design Method*) в Бирмингеме 1965 года, на которой впервые была заявлена секция «Науки в дизайне» Сидни Грегори; серия лекций Нобелевского лауреата Герберта А. Саймона в Массачусетском технологическом институте весной 1968 года, после чего авторам была написана книга «Науки искусственно созданного» (*The Sciences of Artificial*); 1967 году при Калифорнийском университете Беркли, была создана группа по методам в дизайне, которая стала издавать информационный бюллетень под названием «Вестник по методам в дизайне» (*DMG - Design Methods Group Newsletter*), позднее под данным названием была организована ежегодная конференция в Массачусетском технологическом институте, и т.д [10].

В начале 70-х годов возникает понимание, что методы дизайна чрезмерно упрощены, недостаточно сформировались и уже не способны удовлетворить требования сложных, реальных проблем современного мира. Ранее методисты дизайна пытались применить модели исследования операций (OR) и теорию систем к проблемам в дизайне в абстрактном, условном виде, делая упор на обособленную практику проектирования. Хорст Риттел представил новые спорные методы в качестве «второго поколения методов в дизайне». Его методы и информационные системы, базирующиеся на спорном вопросе (*IBIS - Issue Based Information System*) основывались на технологиях определения пользовательских проблем [19]. Вовлечение пользователя в решения задач дизайна и определение его целей, являлись основными направлениями второго поколения методов дизайна.

С развитием кибернетики и информационных технологий, были обнаружены схожие черты между дизайнерским проектным поведением и системой самоконтроля компьютерных систем. Изучение действий человека и

отношений человек-машина дало сильный толчок в проектировании сложных систем в эргономике. Начиная с 1970 года, с появлением интерактивных системы автоматизированного проектирования, основанные на каркасных и многоугольных алгоритмах моделирования для оптимизации и анализа топологий, специалисты в области вычислительных машин проявили интерес к системным методам и науке дизайна. Велись попытки спланировать и оценить строительные характеристики инженерных сооружений, чтобы подтвердить дизайнерские решения.

Следует отметить, что «компьютерный дизайн» получил своё развитие в строительной науке, так как именно для нужд градостроительства были созданы первые среды компьютерного моделирования. Позднее Морис Азимов, Томас Вудсон, Владимир Хубка, Эрнст Эдер ввели новое поколение системных методов в дизайне, которые отражали важные требования и запросы промышленности и общества. В отличие от ранее создаваемых методов, новы – не просто внедрялись в работу проектных групп, но и были востребованы в конструкторских и строительных бюро. 1967 году Владимир Хубка организовал первую международную Конференцию по Техническому дизайну (*ICED - the first International Conference on Engineering Design*) и мастерскую *WDC (Workshop-Design-Construction)* [10], назвав свой подход «дизайн-наука» (*design science*), то что сейчас называется «научный подход к методам технического дизайна» (*theoretical scientific approach to engineering design methods*).

После 70-х годов между дизайн-исследованиями и достижениями в области когнитивной науки, искусственном интеллекте («*artificial intelligence*» - *AI*) и экспертных системах возникла тесная связь. Изучение исследователей *AI* повлияло на развитие изучения дизайнеров как экспертов. Профессор городского планирования и педагог Дональд Алан Шеен (*Donald Schön*) из Массачусетского технологического института открыл новые подходы в дизайн-исследованиях. В его книге «Мыслящий практик» (*Reflective Practitioner*) описывается проектное поведение дизайнеров, даётся определение

новым подходам в образовании, таким как системное обучение, проблемное обучение, организационное обучение для фирм и предприятий [19].

Сегодня в образовании и профессиональной деятельности промышленного дизайна не утверждена и не введена методологическая база экспериментальных исследований, не используются методы испытаний и апробации решений. Хотя те требования, которые в теории предъявляются дизайнеру, существенно превышает уровень узких специалистов. Например, деятельность дизайнера «закключаются в экспертизе и анализе промышленных изделий», дизайнер должен «уделять особое внимание связи с наукой», «должен сотрудничать с инженерами-конструкторами, технологами, эргономистами и в их деятельности быть достаточно сведущим» [17]. Более того, современные авторы теории дизайна (Быстрова Т.Ю., Глазычев В.Л., Гогучева В.П., Глазычев В.Л.) пишут о социальных и культурных проблемах, которые должны решаться специалистами широкого профиля, способных к «синтезу междисциплинарных знаний и выработки новых подходов», подразумевая специалистов по дизайну.

Как отмечает практик и теоретик промышленного дизайна Виктор Папанек в своей книге «Дизайн для реального мира», сегодня специалисты дизайна не способны решать современные проблемы общества, т.е. не могут «оправдать ту ответственность, которая возлагается на них», объясняя это внутренними проблемами направления, связанных с подходом в обучении, в систематизации знаний, в дифференцированных целях и задачах методологии. Автор точно подчёркивает современное положение практического дизайна: «...архитекторы и инженеры обычно решают имеющиеся проблемы, промышленных дизайнеров часто нанимают, чтобы они предлагали новые проблемы. Иногда дизайнеры сталкиваются с неудовлетворённостями людей, и тогда они готовы искать временные решения. Сконструировав Франкенштейна, они горят желанием спроектировать ему невесту» [20].

Дональд А. Норман видит основную проблему в разных подходах к проблемам дизайна: «инженеры пытаются применить формальные методы и

алгоритмы, позволяющие оптимизировать технические и математические аспекты дизайна.., люди искусства отчаянно сопротивляются систематизации..» [21]. По мнению автора, подход к дизайну должен быть научным, сочетающий в себе «точность и строгость прикладных наук» и «понимание природы социального взаимодействия и эстетику наук гуманитарных».

Основная причина проблем методологии дизайна «первого» и «второго» поколения и наличие преград становления дизайна как науки (которые существуют и сегодня), заключается в отсутствии подтверждённых экспериментально принципов и законов, что не позволяет сформировать единый терминологический и методологический «язык». «Лучшее время» развития науки о дизайне приходилось на конец 60-х и 70-е годы [22]. Именно в это время начали широко применяться информационные технологии третьего поколения, вышедшие на массовый потребительский рынок. В данный период возникла потребность в дизайнерском подходе в решении задач связанных с «взаимодействием» компьютерных технологий и обычного пользователя. Это потребовало от специалистов данного профиля пересмотреть и сформировать новые социальные смыслы для общества, сконцентрировать и переосмыслить практический опыт, накопленные знания, и создать новые. Появилась необходимость в использовании основных принципов методологии научного познания: единство теории и практики, конкретность, определённость, объективность и т.п. [23]

Именно принцип единства теории и практики, было основой методологии преподавания известной школы Баухауз, которая внесла грандиозный вклад в развитие дизайна как исследовательского направления. Позднее произошёл раскол, ранее объединяющих подходов в понимании целей и задач дизайнерской деятельности. Можно точно сказать, что намечающаяся интеграция подходов, исследований и знаний в дизайне в 70-е годы, так же не состоялась. Сегодня как в преподавании, так и на практике, дизайн рассматривается как прикладная деятельность, искусство или ремесло, но не как наука. Определение, данное Владимиром Хубка и Эрнстом Эдером: «Наука о дизайне это система

логически связанных знаний, которые содержат и создают общее знание о дизайне и для дизайна», не соответствует дизайну сегодняшнего времени.

2.1.2 Тестирование как метод исследования в промышленном дизайне

Метод – это абстрактно-теоритическое выражение закономерностей познаваемого предмета и самого процесса познания, т.е. это путь познания, опирающийся на некоторую совокупность ранее полученных общих знаний. Метод является совокупностью специальных приёмов, норм, правил, процедур регулирующих процесс познания и обеспечивающих решение исследовательской задачи [24].

Методика – это совокупность приёмов, способов исследования, порядок их применения и интерпретация полученных с их помощью результатов. Она зависит от характера объекта изучения, методологии, цели исследования, разработанных методов, общего уровня квалификации исследователя [23].

На основе данных определений можно заключить, что методика это «программа или модель исследований», качественное выражение научного поиска, при помощи которого возможно техническая реализация различных методов (на разных этапах исследования продумывается своя совокупность методов). Реализация методики исследования позволяет получить предварительные теоритические и практические выводы, содержащие ответы на решаемые в исследовании задачи.

Таблица 2.1 Требования и содержание научной методики [23].

Компоненты методики	Предметы методики	Требования к выводам
<ul style="list-style-type: none"> - теоретико-методологическая часть, концепция, на основании которой строиться вся методика; - субординационные и координационные связи и зависимость между ними; - совокупность применимых 	<ul style="list-style-type: none"> - какое явление исследуется; - по каким показателям; - какие критерии исследования применяются; - какие методы исследования используются; - порядок применения тех или иных методов. 	<ul style="list-style-type: none"> - всестороннее аргументирование, обобщение основных итогов исследования; - логическое следствие анализа и обобщения накопленного материала.

методов, их субординация и координация;		
- порядок применения методов и методологических параметров;		
- последовательность и техника обобщения результатов исследования.		

В отличие от методики, метод научного познания рассматривается как фундаментальная, общепринятая «единица» познания, на базе которой строятся познавательная теоритическая и практическая деятельность человека и сами знания, совершается их преобразования и изменения. К общенаучным методам познания относятся моделирование (основан на методе аналогии) и эксперимент .

Тестирование как вспомогательный метод экспериментального исследования широко применяется в психологии, педагогике, программировании программного обеспечения, технической диагностике и т.д. *Тестирование* равнозначно термину «испытание», которое широко используется в инженерных и производственных отраслях. Испытание подразумевает проведение оценки и (или) контроля процессов, параметров, свойств с целью получения объективной и достоверной информации о состоянии объекта.

Так как индустриальный дизайн основан на проектировании промышленных объектов и изделий, то наиболее близкое определение дано в ГОСТ 16504-81 Испытания и контроль качества продукции. Испытание (test) – опытное определение количественных и (или) качественных свойств предмета как результата воздействий на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий [26]. Также испытания проводят с научными целями, с целью изучения предмета, с целью установления цены изделия и т.д. Испытания классифицируются по типу проверяемых параметров и процедур на следующие:

- исследовательские испытания (*investigation test*) – проводятся для изучения определённых характеристик свойств объекта;
- контрольные испытания (*check test*) – проводятся для контроля качества объекта;
- сравнительные испытания (*comparative test*) – испытания аналогичных по характеристикам или одинаковых объектов, проводимые в идентичных условиях для сравнения характеристик их свойств;
- определительные испытания (*determinative test*) – проводятся для определения значения характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и (или) достоверности.

В отличие от эксперимента, который зачастую проводится в рамках научного исследования и включает множество методик и операции (система познавательных операций) для проверки гипотезы, тестирование носит более узкий прикладной характер и проводится с целью получения точных показателей или данных об объекте. На основе данных тестирования формируются проблемы и задачи, которые затем подвергаются решению, поэтому, чем достовернее будет результат, тем точнее можно определить проблему. Для этого подготовка и реализация метода тестирования проводится с параллельной оценкой качества применимых методик, то есть обеспечивается объективность и воспроизводимость результатов испытаний и их соответствие заданным требованиям.

В области проектирования программного обеспечения и конструкторского-инженерной деятельности, тестирование является важной составляющей создания продукта. Основные проблемы, которые решаются в рамках теории испытаний: выбор критериев эффективности испытаний (получение необходимой информации с минимальными затратами), разработка модели объекта испытаний, выбор «объёма» и последовательности испытаний, определение информативных и измеряемых (контрольных) параметров [26].

Качества дизайн-продукта, многоаспектная категория, которую сложно определить комплексно. Под качеством может пониматься как рациональные

аспекты, так и эстетические. В промышленном дизайне, испытания касаются объективных характеристик объекта, тех которые можно измерить или пронаблюдать опытно, например конструкционных, материальных, морфологических, функциональных, эксплуатационных и т.п. В отличие от инженерных испытаний где проверяется техническое качество разрабатываемой системы (работоспособность, надёжность, технологичность и т.п), испытания в дизайне направлены на улучшение качеств объекта в рамках пользовательских характеристик (удобно, функционально, применимо и т.п).

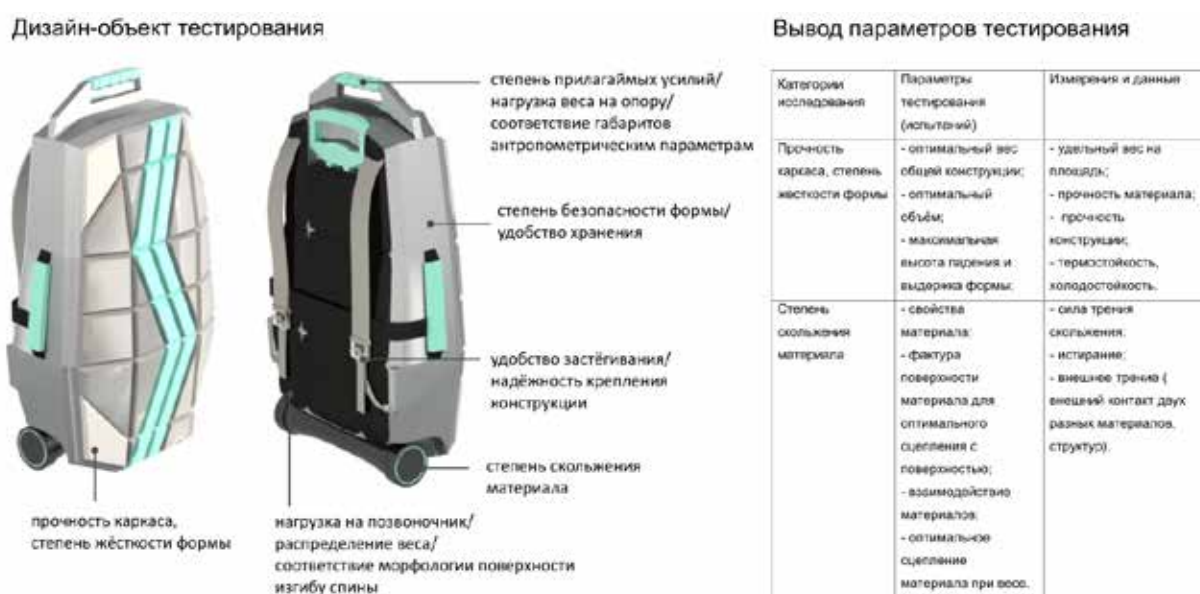


Рисунок 1.1 Пример выбора критериев исследований и подбор параметров тестирования (испытания)

На примере кейса (рисунок 1.1), выбраны категории исследования дизайн-решения и представлены параметры тестирования, которые соответствуют реализации следующих функций: надёжность хранения, вместимость (прочность каркаса, жёсткость формы), перемещение кейса при большом весе на колёсах (степень скольжения материала). Выбор параметров тестирования может зависеть от задач исследования, от требований, предъявляемых к дизайн-объекту, от вариативности ситуаций в которых может осуществляться функция и т.д. Способы получения данных могут основываться при помощи математических и технических расчётах, программном и системном анализе, геометрических соотношениях и

построениях, а также на основе эмпирических методов научного познания (наблюдение, опыт, моделирование и др.).

Тестирования можно классифицировать по *условиям проведения* (стендовые, эксплуатационные, полигональные, натуральные, виртуальные), *по целям* (исследовательские, контрольные, сравнительные) *по оцениваемым свойствам и параметрам* (функциональные, испытания на технологичность, надёжность), *по воздействию внешних факторов* (механические, термические, климатические) и т.д. Не зависимо от класса общую структуру тестирования можно представить в виде четырех этапов (более подробная схема рисунок 1.2):

- *разработка карты и плана тестирования* – подготовительный этап, работа по сопоставлению и преобразованию исследовательских задач и целей, содержанию методики испытаний;

- *разработка системы тестирования* – определение совокупности средств испытаний (технического оборудования, программного обеспечения), вспомогательных и основных объектов, спроектированной или утверждённой среды и условий (испытательный полигон, виртуальная сцена), взаимодействующих по правилам установленных в карте тестирования;

- *проведение тестирования (фиксация результата)* – действия исполнителя в процессе тестирования, позволяющие фиксировать, изменять, управлять данными тестирования;

- *Интерпретация и анализ результатов* - обработка и анализ полученных данных и последующая формулировка выводов принятия решений.

Тестирование подразумевает наличие объекта испытаний, которым может быть опытный образец, макет, прототип или модель. Опытный образец продукции отличается от макета расширенным набором технических, конструкционных характеристик, и используется для проверки соответствия их заданным требованиям. Прототип – упрощённое воспроизведение объекта или его части, который также может подвергаться испытаниям на минимальное количество параметров (более подробная информация в главе 2.2).



Рисунок 1.2 Общая структура проведения тестирования в дизайне

Модель более широкое понятие, под которым может пониматься как изделие, процесс, явление, так и макет, и сам опытный образец. Модель, может быть материальным, семиотическим (информационным) и мысленным объектом. Как уже было упомянуто ранее (с.16), результат познания или материальный предмет можно назвать моделью, как некий «продукт» процесса моделирования. Б. Ю. Глинский определяет моделирование как научный метод познания [27], «если данный процесс включает целенаправленное изучение объекта, и позволяет получить объективные данные о нём», т.е. утверждение справедливо в рамках научного подхода.

В. А. Штофф наиболее полно даёт определение модели, уточняя её признаки и функции: «мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» [28]. Автор формирует три условия, которым должна соответствовать модель:

- модель имеет отношения сходства с оригиналом, форма которого явно выражена и точно зафиксирована (условие отражения или уточненной аналогии);
- модель в процессе научного познания является заместителем изучаемого объекта (условие репрезентации);

- изучение модели позволяет получать информацию (сведения) об оригинале (условие экстраполяции) [28].

В широком значении, под экстраполяцией понимается распространение выводов, полученных из наблюдения над одной частью явления, на другую его часть. Беря во внимание утверждение, что моделирование лежит в основе методологии дизайна (с.15) [7], то можно рассмотреть процесс конструирования объекта как процесс познания. Суждения и выводы о дизайн-объекте производятся на основании промежуточных результатов моделирования, происходит постоянное, цикличное исследование. Знания отражены в виде визуальной модели (чертежи, 3D-модели, схемы и т.п), которую мы меняем в соответствии с приблизительными представлениями, требованиями или знаниями абстрактного «оригинала». Именно качество (научный подход в исследовании) знаний промежуточных решений, могут повлиять на качество конечного решения. Спонтанный поиск в проектировании, который часто в дизайне обуславливается творческим подходом, не может являться научным подходом в исследовании дизайн-объекта.

Академик и дизайн исследователь Найджел Кросс в книге «Способы дизайн познания» [29], определяет моделирование как «язык» дизайна. Говоря о нем, автор подчёркивает что «только на основе моделирования, мы можем говорить об опыте и исследованиях проектной деятельности и накоплении знаний дизайна людей». Говоря о роли «проверки знаний опытным путём», следует учитывать роль человека (пользователя) в испытаниях связанных с проверкой свойств и функций дизайн-объекта.

На основе рассуждений, следуют следующие выводы:

- тестирование как метод познания, рекомендуется применять при исследовании дизайн-объекта;
- моделирование наряду с экспериментом (испытанием) может относиться к основным методам научного исследования в дизайне;

- научный подход в дизайн-исследованиях не должен исключать потребности и роль пользователя в создании нового продукта или знания.

2.1.3 Тестирование как метод контроля эргономических параметров

В принятом понимании эргономика это научная дисциплина, комплексно изучающая функциональные возможности человека в трудовых и бытовых процессах, выявляющая закономерности создания оптимальных условий высокоэффективной жизнедеятельности и высокопроизводительности труда [31].

Международной ассоциацией эргономики (*International Ergonomics Association - IEA*) в 2010 году приняла более общее определение эргономики: *«Научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека и других элементов системы, а также сфера деятельности по применению теории, принципов, данных и методов этой науки для обеспечения благополучия человека и оптимизации общей производительности системы»* [32]. Ассоциация определила три научных направлений эргономики: физическая, когнитивная и организационная эргономика. В рамках работы, описано два термина:

Физическая эргономика (Physical ergonomics) – связана с анатомическими, антропометрическими, физиологическими, биохимическими характеристиками человека, как они относятся к физической активности (тема включает в себя рабочие позы, обработка материалов, повторяющиеся движения и расстройство работы опорно-двигательного аппарата, расположение на рабочем месте, безопасность и здоровье);

Когнитивная эргономика (Cognitive ergonomics) – связана с психическими процессами, такими как восприятие, память, мышление и двигательная реакция, как они влияют на взаимодействие между человеком и другими элементами системы (включает умственную нагрузку, принятие решений, производительность, взаимодействие человека с компьютером, человеческий фактор, обучение).

В промышленном дизайне употребляется понятие эргодизайн, для обозначения сферы деятельности, возникшей на стыке эргономики и дизайна. Эргодизайн объединяет исследования «человеческого фактора» с дизайнерскими разработками. В совокупности эргономика в дизайне рассматривает дизайн-предмет как продолжение человеческой деятельности, т.е. как систему взаимосвязей естественного и искусственного. Поэтому предметом эргодизайна, является изучение и проектирование системных закономерностей взаимодействия человека с техническим средством, объектом деятельности и средой.

Нормативная база эргономики основывается на требованиях, предъявляемых к системе «человек-машина-среда» в нормативных документах СНИПЫ, ГОСТы и др. Например, гигиенические и санитарные нормы использованы для определения материалов изготовления медицинского браслета «Спинор-Эйр» (глава 5). В случае проектирования новых изделий дизайнер не всегда может опираться только на нормативные требования, так как они имеют достаточно узкий набор рассматриваемых систем и объектов (рабочее место, оператор ЭВМ, проектирование мебели и т.п). Поэтому *дизайнер самостоятельно может определять требования*, предъявляемые к дизайн-решению на основе знаний антропометрии, физиологии, психологии, социологии и др.

Под *эргономическими свойствами* понимается свойства изделий (машин, предметов или их совокупностей), которые проявляются в системе «человек-машина(предмет)-среда» в результате реализации эргономических требования [32]. Под эргономическими свойствами подразумеваться антропометрические свойства которые характеризуют соответствие размеров и формы изделия размеру и форме тела человека (например, высота и угол наклона спинки кресла должны соответствовать форме спины), или физиологические – которые оказывают влияние на жизнедеятельность и особенности функционирования человеческого организма, а также гигиенические, психологические и др. Эргономические свойства объекта

можно определить на основе предполагаемых функций объекта и его назначения в рамках деятельности пользователя.

Под **эргономическими параметрами** понимается величина, характеризующая то или иное эргономическое свойство предмета. Например, эргономическими параметрами автомобильного кресла может быть значение высоты спинки, её угол наклона. Данные параметры характеризуют антропометрическое свойство кресла по отношению к параметрам человеческого тела.

Под **контролем эргономических параметров** понимается система наблюдений, проверки и исследований совокупности эргономических параметров предмета на заданные требования, для принятия решения по их изменению или корректировке. Контроль осуществляется с целью обеспечения оптимального варианта функционирования и состояния дизайн-решения, на основе фиксации достигнутых результатов и соотношения их с ожидаемыми результатами.

С учётом выше сказанного тестирование (испытание) в дизайне, является основным методом контроля качества дизайн-продукта, а также процесса проектирования, так как позволяет:

- обосновать принятые решения;
- оценить результат этих решений;
- выявить отклонения от принятых решений (требований), установленных правил и норм;
- принять меры по решению выявленных несоответствий в продукте;
- принять меры по корректировке процесса проектирования;
- устранить препятствия для оптимального функционирования и состояния дизайн-продукта.

На основании промежуточного исследования и анализа следует ввести и определить термин **тестированием в промышленном дизайне (Industrial Design Testing)**. Тестирование в дизайне - процесс подготовки и проведения испытаний опытного образца, макета или модели, с целью получения

качественной или количественной информации (параметров) о некоторых свойствах и характеристиках дизайн-объекта, для их контроля предъявляемым требованиям и принятия последующего решения по их корректировке или изменению.

2.2 Методика физического тестирования опытного образца браслета «Спинор-Эйр»

Под физическим тестированием подразумевается проведение испытаний на основе материального дизайн-объекта. Это может быть макет или прототип, опытный образец продукции. Ряд данных понятий следует различать:

Макет - внешнее представление объекта в масштабе, не имеющее функциональных, пользовательских свойств и технических характеристик. Зачастую используется в качестве выставочной демонстрации объекта.

Прототип – физическая конструкционная модель, может содержать некоторые функциональные и пользовательские свойства дизайн-объекта. Является своеобразным «шаблоном» проектного решения. Зачастую демонстрирует возможные варианты решения, отличающиеся от окончательного опытного образца.

Опытный образец - полностью работоспособный дизайн-продукт в натуральную величину, с функциональными и пользовательскими свойствами. Изготавливается с целью определения потребностей в производстве и требований к изготовлению. Выпускается перед серийным производством или может составлять первую мелкосерийную партию для рыночной апробации.

В дизайне различия прототипа и опытного образца в некоторых проектных случаях могут быть несущественными, что зависит от сложности проектного объекта, которая характеризуется техническими особенностями исполнения функций. Например, прототипом может быть внешняя конструкция компьютерной мыши без технической начинки, с которой человек может взаимодействовать как с конструктивным элементом (нажимать на кнопки, двигать по столу), но не как с техническим устройством, т.е. выполнить

основную функцию управления курсором на компьютере пользователь не может. Также прототип может характеризоваться меньшим количеством конструкционных материалов, чем окончательная рабочая модель (опытный образец). Например, на основе технологии 3D-печати можно создать полную сборку компьютерной мыши, включая все внутренние элементы из одного материала: пластика, металла, гипса и т.п.

Физическое тестирование может проводиться на опытном образце дизайн-объекта, с использованием методов системного анализа и наблюдений (метод проектной классификации, систематизации данных, схематического структурирования и т.п.). Выбор методов связан с выявлением удобства реализации основных функций, для которых продукт предназначен: с удобством обслуживания, хранения, с эстетическими и эргономическими характеристиками, безопасностью, надежностью и т.д. Исследование проходит в рамках моделируемого сценария действий, в ходе ряда ситуаций с заданными условиями, при которых воспроизводится функциональное взаимодействие человека и объекта. Параллельно ведётся фиксирование полученных данных путём наблюдения и сравнения их с предъявляемыми требованиями, и анализ результатов анкетирования пользовательских и экспертных групп.

Необходимость физического тестирования опытного образца медицинского браслета «Спинор-Эйр», возникла на основе ряда очевидных проблем выявленных в ходе его анализа. Потребовалось более точная информация о характере недочётов дизайн-решений связанных с использованием браслета потребителем. Для этого следовало провести апробацию объекта группой пользователей и зафиксировать полученные результаты.

Физическое тестирование состояло из трёх этапов: определение параметров тестирования и составление анкеты (план тестирования), проведение тестирования (сбор информации) и анализ полученных результатов с принятием дизайн-решений. Для предоставления плана действий группе пользователей, была использована форма анкетирования, которая чаще всего

применяется на этапе предпроектного анализа в виде опроса для выявления потребностей пользователя. В данном случае данная форма позволяет пользователю зафиксировать полученные данные и получить информацию об испытании в виде блоков заданий.

2.2.1 План физического тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр»

Основная цель тестирования браслета заключается в проведении контроля качества дизайн-решения и принятие мер по его улучшению.

Основные задачи тестирования:

- определить способ проведения вида тестирования: создать план, определить сценарий проведения, методы исполнения, технологии, инструменты;
- выявить совокупность эргономических параметров, связанных с недочётами функционального и конструктивного характера браслета;
- проанализировать полученные результаты и принять меры по улучшению дизайн-решения.

Объект физического тестирования - рабочий технический образец медицинского браслета, с разработанным дизайном (Приложение X).

Цель физического тестирования - исследования функционального взаимодействия пользователя и браслета, по заранее заданному опытному сценарию, с получением качественных данных о нём для дальнейших конструктивных и функциональных решений.

Использованные методы: анкетирование, наблюдение, измерения, анализ.

Задачи физического тестирования:

- определить, на основе заранее выявленных проблем и недочётов опытного образца, эргономические параметры тестирования, составить на их основе систему действий и вопросов в форме анкеты;
- провести тестирование с определённой группой пользователей;

- представить полученные данные в виде графиков, проанализировать полученные результаты, сделать выводы о выявленных (подтверждённых) проблемах.

Требования и особенности проведения физического тестирования браслета:

- индивидуальное анкетирование пользователей;
- опыт на скорость с фиксацией времени (один блок вопросов);
- присутствие координатора, не вмешивающегося в ход пользовательского испытания;
- проведение физического тестирования не подразумевает ограничения времени для каждого из пользователей;
- наличие сценария действий для пользователя, для куратора (таблица 2.2).

Таблица 2. 2 Сценарий проведения физического тестирования

Блок анкеты	Действие координатора	Действие пользователя
—	Координатор поясняет общее содержание испытания, определяет цель его проведения	Изучает содержание анкеты, схему основных элементов браслета
1 (А)	Обеспечивает пользователя инструментом для измерения запястья (полоска и линейка)	Измеряет диаметр своего запястья, вносит полученные данные в анкету. Заполняет персональные данные.
1 (Б)	Засекает и фиксирует время при выполнении 2-х попыток	Самостоятельно застёгивает браслет за 2-ве попытки. Вносит данные в анкету, даёт оценку сложности действия.
1(В), 2, 3(Б)	Отвечает на возникшие вопросы, касающиеся задания	Самостоятельно заполняет материал по описанным условиям, основываясь на личном мнении
3(А)	Устно подсказывает процесс разбора браслета, если возникла необходимость	Разбирает самостоятельно браслет в заданной последовательности элементов. Заново собирает. Заполняет таблицу, по предложенным условиям.

2.2.2 Определение параметров физического тестирования и составление исследовательской анкеты

При анализе опытного образца браслета с группой исполнителей проекта (конструктор, инженер, дизайнер), был выявлен ряд *недочётов и проблем*:

- принцип фиксации ремешка на запястье руки недостаточно удобный, застёгивание сложно осуществимо одной рукой;
- длина ремешка не соответствует среднему размеру руки;
- в зоне ремешка, которая прилегает к корпусу платы, материал достаточно жёсткий по причине утолщения профиля;
- свечение светодиода не заметно, окно под светодиод слишком крупное.

Дополнительное требование к изделию, данное в ТЗ, параметры которого требуют проверки:

- для комфортного использования изделия, его общие габариты не должны превышать допустимую норму (Приложение Е), габариты должны быть уменьшены (*объём*), *масса* не должна превышает 50 гр.

Дополнительные требования к изделию конструкционного и функционального характера:

- габаритные параметры элементов изделия должны быть согласованы между собой, и определены в соответствии с функциональным назначением и удобством использования элементов изделия.

Данные требования относятся к критериям дизайна, которые подвергаются исследованию при тестировании опытного образца. Параметры тестирования являются качественным представлением определённых критериев дизайна браслета. Параметры можно проверить на основе полученных данных измерений или оценки (визуального и тактильного опыта, сравнения качественных критериев) (таблица 2.3).

При физическом тестировании, которое в данном проектном случае осуществляется путём взаимодействия пользователя с дизайн-объектом. Определение данных проводится путём оценки пользователем заданных

критериев, информацию о которых он получает при выполнении утверждённого сценария действий. При составлении сценария действий (заданий), следует учитывать задачи и цели испытания, четко отличать их от простого анкетирования или опроса.

Таблица 2.3 Определение параметров физического тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр»

Категории дизайн-решения при исследовании	Эргономические параметры тестирования	Данные измерений и оценка	Форма определения и проверки данных при физическом тестировании	Зад-е
1. Возможность застёгивания браслета одной рукой	Степень сложности моторного движения руки и пальцев	<i>Визуальная оценка сложности воспроизведения сценария застёгивания.</i> <i>Время застёгивания.</i>	Сравнение среднего значения времени 1-й и 2-й попытки, соотнесение данных с оценкой сложности пользователя (4-3-х балльная оценка).	1 (А, Б, В)
2. Плотное прилегание ремешка к поверхности запястья	Длина ремешка, относительно обхвата запястья	<i>Средний габарит запястья у разных людей</i>	Средний диаметр запястья у 18 человек разного возраста. Визуальная и функциональная оценка пользователем габаритов изделия (5 степени)	1 (А), 2 (А)
3. Лёгкое сгибание ремешка на запястье, конструктивные решения формы	Свойства материала в зоне сгиба, параметры гофрирования	<i>Эластичность, упругость, твёрдость материала.</i> Глубина и углублений, шаг углублений гофрирования	Визуальная и тактильная оценка пользователем степени свойств материалов (эластичность, твёрдость, 4 степени)	2 (Б)
4. Комфортное ношение объекта на запястье, в зависимости от материала	Прилагаемые усилия для осуществления функциональных действий	<i>Вес изделия и его объём</i> Плотность материала на мм.куб.	Функциональная оценка пользователем веса изделия и габаритов (4 степени)	2 (А)
5.* Выполнение	Параметры	<i>Вес, габариты,</i>	Оценка пользователем	2

заданных функций системы элементов браслета	элементов в общей конструкции браслета	объём элементов	функций элементов при разборе конструкции (да/нет)	(А), 3 (А)
* Критерий содержит набор параметров соответствующих функциональному содержанию элементов браслета. Степень соответствия определяется на основе оценки пользователем заданных функций.				

В таблице 2.3 курсором выделены данные, которые можно измерить или оценить, при помощи данной методики физического тестирования. Количественные данные категории 3, 4 и 5 можно получить при помощи механических, химических и технологических испытаний. Например, чтобы определить наиболее подходящий материал для ремешка браслета, можно изготовить несколько форм из нескольких видов силиконового материала и провести контроль на разрушение с заданными параметрами, результат сравнить и выбрать тот, который наиболее удовлетворяет заданным требованиям. При проведении данного испытания можно получить точные значения, на которых будет основываться выбор материала ремешка.

В осуществляемой методике физического тестирования подобный «количественный» результат по категориям 3,4 и 5 отсутствует. Суждения выдвигаются на основе условной оценки пользовательского опыта, что для определения одних параметров дизайн-решения может быть достаточным (например, категории 1, 2 и 5), а для других нет. Таким образом, возникает *исследовательская проблема*, характеризующаяся целесообразностью выбираемых методов исследования.

В данной работе обозначенная проблема, может быть решена при помощи возможностей виртуального тестирования (глава 2.3), следующим образом: категория 3 – 5 дизайн-решения соотноситься с параметрами материалов, испытания которых можно произвести на основе физической симуляции свойств модели, заданных при помощи программных параметров. Соответственно, на основе визуального сравнения взаимодействия объектов разных материальных свойств, можно выбрать тот, который будет

удовлетворять заданным требованиям, не используя при этом лабораторные испытания.

Форма анкеты для физического тестирования на основе пользовательской оценки, содержит семь заданий (Приложение Z), последнее из которых (З - Б) содержит индивидуальную оценку общей идеи дизайн-решения, формы объекта и эстетическом впечатлении о продукте. Ниже представлена таблица соотношения задания исследовательской анкеты проверяемым параметрам (таблица 2.4).

Таблица 2.4 Соотношение заданий анкеты с проверяемыми параметрами физического тестирования

Задания анкеты	Проверяемые параметры и их тип данных	Категории (табл. 2.3)
1. А) Измерьте диаметр своего запястья и впишите полученный результат в строку, укажите свой возраст и пол.	<i>Длина</i> ремешка, относительно среднего обхвата запястья	1,2
1. Б) Попробуйте самостоятельно застегнуть браслет на руке. Засеките время на каждую из попыток и зафиксируйте полученный результат в таблице. Укажите степень сложности на каждом из этапов	<i>Время</i> застёгивания. <i>Степень сложности</i> застёгивания браслета на запястье одной рукой. <i>Скорость усвоения</i> сценария застёгивания.	1
1. В) Оцените удобство застёгивания браслета на руке по 3-х бальной шкале	<i>Общая оценка</i> пользователя сложности застёгивания браслета	1
2. А) Визуально оцените общие габариты и объём изделия. Результаты впишите в таблицу	<i>Оценка габаритов</i> конструкции браслета, его массы	4, 5
2. Б) Визуально, тактильно дайте оценку свойствам материала основываясь на впечатлении формы элементов изделия	<i>Оценка свойств материала</i> в зоне сгиба	3
3. А) Разберите браслет на основные элементы (вытащите модуль платы, снимите заклёпку и фиксирующий элемент) и снова соберите. В таблице дайте оценку функциям	<i>Оценка функций</i> элементов при разборе общей конструкции	5

<p>3. Б) По 3х-бальной шкале оцените степень вашего отношения к общей идеи, форме и эстетической ценности объекта</p>	<p><i>Оценка эстетического впечатления</i></p>	<p>_____</p>
--	--	--------------

Каждое задание анкеты состоит из двух частей: инструкция проведения опыта и инструкция для фиксации данных (оценивание). При составлении заданий учитывались следующие требования: краткость, технологичность (быстрое и точное понимание), логическая форма содержания, доступность.

2.2.3 Обработка данных и анализ полученных результатов физического тестирования

При физическом тестировании получена совокупность данных, которые распределены по вопросам и параметрам в таблице представленной в Приложении А1. Для анализа представленных данных, полученные пользователями значения (численные и качественные), соотносились с заданными параметрам (длина ремешка, масса изделия и т.п.) и характеристикам (1-сложно, 2-не очень сложно и т.п.) изделия. Полученная система данных была представлена в виде графиков.

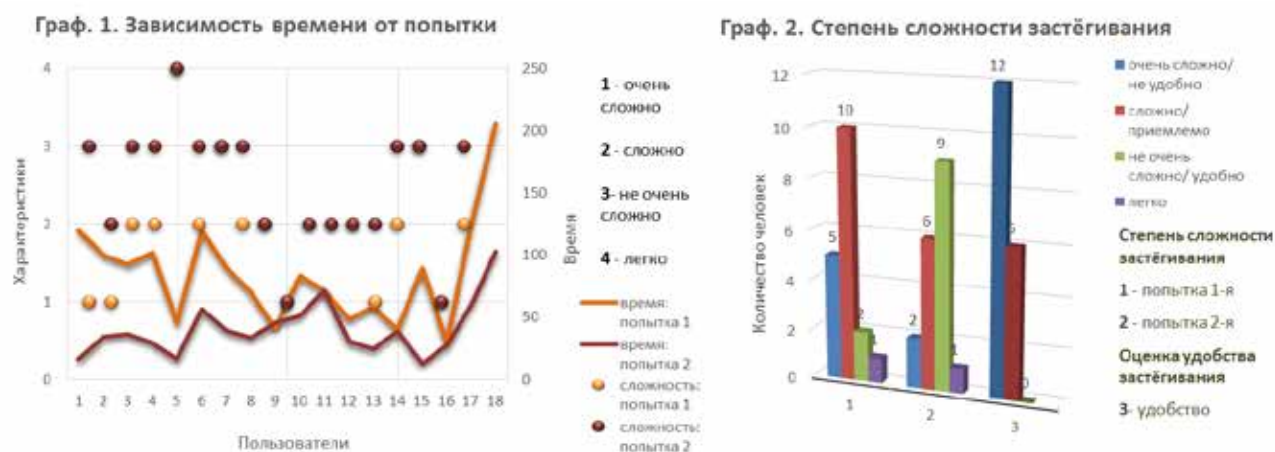


Рисунок 2.1 Данные о сложности застёгивание браслета одной рукой

Графики, представленные на рисунке 2.1, соответствуют следующим заданиям анкеты: график 1 – 1(Б), график 2 – 1(Б,В). В графике 1 показано времена застёгивания браслета каждым из пользователей, в первую и вторую попытку (пики линии определяют время). Наглядно показано, что на первую

попытку было затрачено больше времени (в среднем 85 сек), чем на вторую (в среднем 40 сек). После второй попытки, большинство пользователей дали характеристику процессу как «не очень сложно» и «легко». Следовательно, исходя из среднего показателя времени и оценки, можно говорить о недостаточно быстром усвоении способа застёгивания браслета.

На графике 2 для каждой из характеристик определено количество людей. На основе характеристик, данных процессу застёгивания для 1-й попытки (большинство людей ответили «сложно») и 2-й попытки (большее число человек ответило «не очень сложно»), пользователи оценили процесс застёгивания браслета как «неудобный».

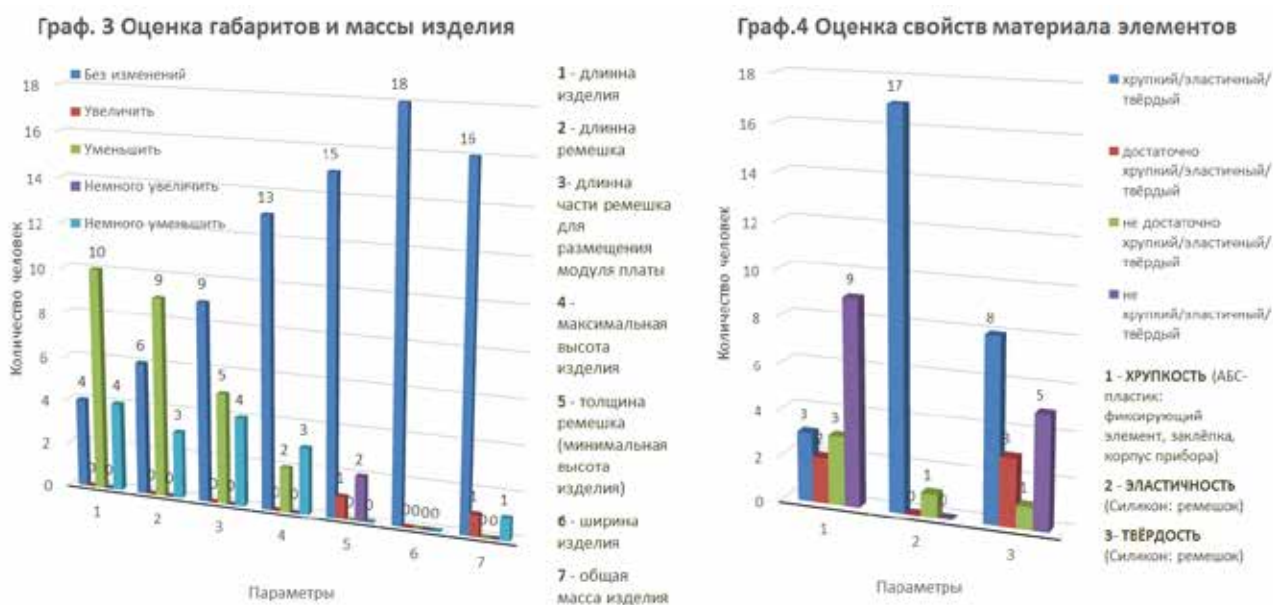


Рисунок 2.2 Данные о габаритах изделия и свойствах материалов

Графики, представленные на рисунке 2.2, соответствуют следующим заданиям анкеты: график 3 – 2(А), график 4 – 2(Б). На графике 3, для каждого из параметров (длина изделия, масса), дана характеристика действий (увеличить, уменьшить, не изменять и т.п.). Больше всего пользователей дали рекомендации по уменьшению длины ремешка, по остальным параметрам ответили – «оставить без изменений». На основе графика 4 следует заключить, что пластиковые элементы не являются хрупкими, элементы из силикона – эластичные и достаточно твёрдые.

Графики, представленные на рисунке 2.3, соответствуют следующим заданиям анкеты: график 5 – 3(А), график 6 – 3(Б). На графике 5 представлена характеристика функций элементов браслета (фиксирующий элемент, модуль платы, заклёпка). По всем заданным характеристикам, которые определяют удачность конструктивного решения для каждого из элемента, большинство пользователей ответили положительно.

На основе анализа графика 6, следует что форма и идея браслета большинством пользователей оценена высоко, в то время как эстетической составляющей браслета дан средний балл. В дополнительных комментариях, данных пользователями в конце вопроса 3-Б, многие отметили, что хотели бы видеть медицинский браслет как украшение, с декоративным, привлекательным внешним видом.

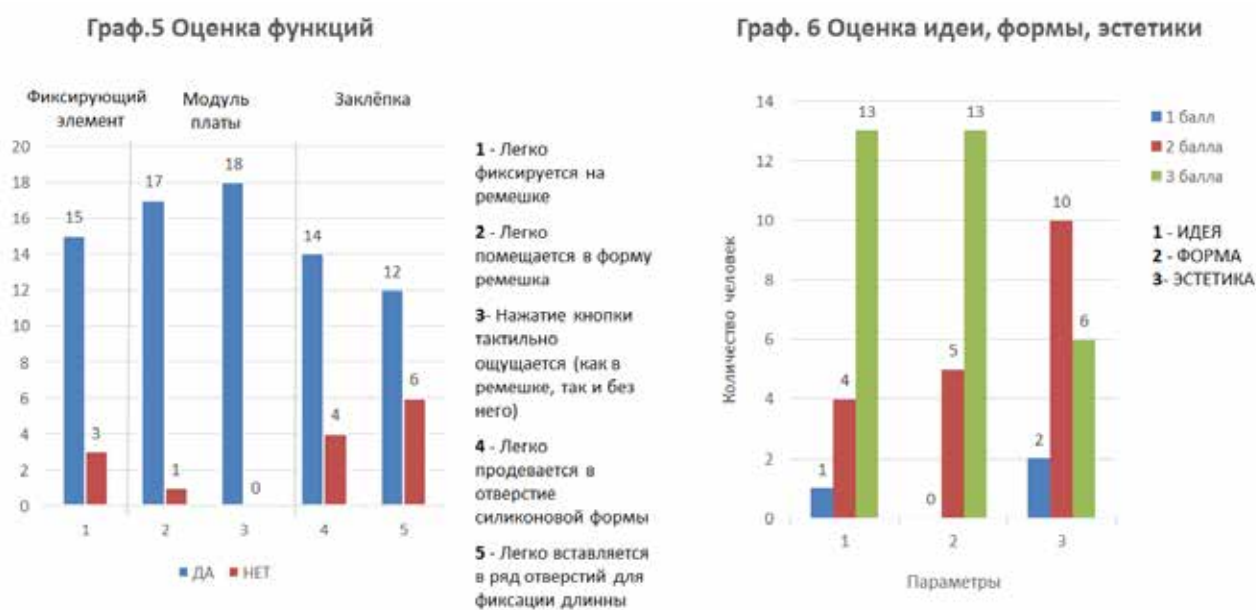


Рисунок 2.3 Данные о функции элементов браслета и эстетическом впечатлении

Также на основе анкеты получены данные о длине обхвата запястья, на основе чего определён средний параметр длины ремешка – 165,7 мм. Данные рассмотренных графиков систематизированы в таблице 2.4, путём соотношения их проверяемым категориям и эргономическим параметрам дизайн -решения.

Таблица 2.4 Выводы о полученных данных с учётом заданных эргономических параметров физического тестирования

№	Параметр		Полученные данные	Вывод об эргономических параметрах в соответствии с табл. 2.3
1. А)	Средняя длина обхвата руки		165,7 мм.	Отрегулированная длина ремешка относительно диаметра запястья, позволит обеспечить плотное прилегание материала и фиксацию браслета на руке
1. Б)	Среднее время застёгивания (62,5 сек)	1 попытка	85 сек	Время усвоения способа и сценария застёгивания, можно сократить, если сделать систему конструкции более доступной для понимания.
		2 попытка	40 сек	
	Степень сложности застёгивания	1 попытка	сложно	
		2 попытка	не очень сложно	
1. В)	Удобство застёгивания (общая оценка)		не удобно	<u>Приспособление (замена или доработка) системы элементов застёгивания относительно упрощения моторики руки, позволит сделать процесс удобнее.</u>
2. А)	Оценка габаритов конструкции браслета	Длина изделия	уменьшить	Уменьшение длины ремешка на основании полученной средней величины обхвата запястья, сделает ношение браслета комфортнее. Габаритные параметры и масса общей конструкции браслета – приемлемые, для комфортного использования изделия.
		Длина ремешка	уменьшить	
		Длина части ремешка для размещения модуля платы	не изменять	
		Максимальная высота изделия	не изменять	
		Толщина ремешка (минимальная высота изделия)	не изменять	
		Ширина изделия	не изменять	
		Общая масса изделия	не изменять	
2.Б)	Свойства материала	АБС-пластик (фиксирующий элемент, заклёпка, корпус прибора)	не хрупкий	Свойства силиконового материала изменять не нужно. <u>Следует предложить конструктивное решение формы в зоне утолщения материала.</u>
		Силикон (ремешок)	эластичный	
			твёрдый	
3. А)	Оценка функций элементов	Легко фиксируется на ремешке (фиксирующий элемент)	+	Элементы браслета, выполняют свои функциональные параметры.
		Легко помещается в форму ремешка (модуль платы)	+	
		Нажатие кнопки тактильно	+	

		ощущается (как в ремешке, так и без него) (модуль платы)		
		Легко продевается в отверстие силиконовой формы (заклёпка)	+	
		Легко вставляется в ряд отверстий для фиксации длины (заклёпка)	+	
3.Б)	Оценка эстетического впечатления	Идея	3 балла	Наличие декоративных включений в силиконовую форму, позволит повысить эстетическое впечатление об изделии.
		Форма	3 балла	
		Эстетика	2 балла	

В таблице 2.4, выделены курсивом те выводы, которые требуют дополнительного исследования объекта, которое будет проведено на основе виртуального тестирования. Основываясь на остальных выводах физического тестирования, выполнены действия по улучшению дизайн-решения медицинского браслета представленные в таблице 2.9, глава 2.4.

2.3 Методика виртуального тестирования модели браслета «Спинор-Эйр»

Под виртуальным тестированием подразумевается проведение испытаний на основе 3D-модели объекта, с целью исследования, контроля его свойств и параметров, при помощи компьютерных технологий. В зависимости от объекта, задач и целей тестирования, виртуальная апробация дизайн-решения может проводиться на моделях, представляющие внешнюю оболочку изделия, полную сборку, её элементы, конструктивные и механические и решения.

Термин «виртуальное тестирование» в методологии дизайна встречается редко, и чаще всего используется области инжиниринга, где применяются программные средства автоматизированного проектирования, включающие системы для моделирования твердотельных объектов, расчёта динамики твёрдых и упругих тел, прочности и деформаций конструкции [33]. Например, такие пакеты как *Autodesk Simulation*, *SolidWorks Simulation*, *SimulationX* и т.п. В решении задач, связанных с исследованием потребителя и качествами продукта, широко применяются автоматизированные системы принятия

решений на основе методов обработки данных (*DSS - Decision Support System*), с помощью которых также осуществляется определение качеств и свойств дизайн-объекта. Дон Норман называет подобное внедрение «компьютерно-генерируемое творчество» (*Generative Design*), где в процессе принятия решения главным «модератором» выступает не человек, а сложная компьютерная система [34].

Разработка формы дизайн-объекта и его конструкции может проходить в средах трёхмерного моделирования, которые различаются совокупностью приёмов, инструментов и методов процесса реализации виртуального объекта, а также возможностью решения специализированных задач конкретной области (промышленность, медицина, наука, компьютерные игры и т.п.). Наряду с известными программами проектирования (*SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA, Kompas-3D LT* и т.п.) и визуализации (*Autodesk Maya, Houdini, Autodesk 3D MAX, Blender* и т.п.), крайне мало специализированных программных продуктов направленных на решение задач виртуального тестирования свойств и параметров дизайн-объекта. Среди них можно выделить программные пакеты:

- *Marvelous Designer* – программный пакет, который позиционируется как компьютерное решение для полноценного трехмерного моделирования и комплексного проектирования одежды. При помощи приложения *Clo3D*, есть возможность демонстрировать динамику одежды и представлять её на анимированных моделях. [35]

- *Autodesk Helius* – программный инструмент позволяющий симулировать разрушения композитных материалов и сложных конструкций. Позволяет получить информацию о поведении материала, без сложного анализа, методом наглядного взаимодействия материала и объекта [36].

- *Autodesk Flow Design* – пакет предназначенный тестирования формы объекта на аэродинамические параметры. Позволяет анализировать обтекаемость объекта на основе направленного движения частиц [37].

Подобные 3D-программы – это техническое решение для наиболее часто встречающихся проектных задач, поэтому их возможности зачастую ограничены. Универсальными средствами являются некоторые программные пакеты моделирования располагающие интерактивными средами на основе системы визуального и встроенного языка программирования (например, Houdini, Autodesk Maya). Данные встроенные системы позволяют создавать новые пользовательские инструменты для решения требуемых задач.

Реализация виртуального тестирования браслета состояла из следующих этапов:

- составление плана тестирования (задач, цели, требования и т.п) и определение параметров;
- выбор программных средств для решения задач тестирования;
- разработка системы тестирования в выбранном программной продукте (создание среды – виртуального пространства, разработка системы взаимодействия моделей, реализация требуемых условий, создание объектов и т.п.);
- апробация полученной системы, на ряд предъявляемых требований;
- тестирование модели браслета, обработка данных и анализ полученных результатов.

2.3.1 Составление плана и определение параметров виртуального тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр»

В таблице 2.3 дан ряд проверяемых категорий дизайн-решения соответствующие выявленным проблемам и требованиям опытного образца браслета. Часть данных об эргономических параметрах категорий 3, 4 не была получена полностью, что требует оценки целесообразности их получения при физическом тестировании. Это такие данные как: глубина, габариты, форма и шаг углублений гофрирования (изменение формы в месте сгиба); объём, вес конструкции, плотность материала на мм.куб.

Оценка веса, для удобного ношения браслета, получена на основании физического тестирования опытного образца. Точные данные веса прибора – 46 гр, включая вес технической начинки прибора. На основании оценки основных габаритов браслета, можно заключить, что объём изделия удовлетворяет пользователя.

Для сгиба ремешка в зоне утолщения материала, требуется конструктивное решение формы. Для этого можно применить гофрирование поверхности. Предполагается, что форма гофрирования может быть разной для выполнения роли декоративного элемента (Приложение S). Соответственно можно проверить варианты форм гофрирования ремешка на возможность сгиба, а также определить оптимальную глубину и шаг «надрезов».

Определить сложность моторики руки, при выполнении застёгивания браслета, можно на основе наглядного сравнения демонстрации данного процесса, при разных комбинациях системы конструктивных элементов. То есть, можно создать симуляцию последовательных действий совершаемых при застёгивании конструкции 1 (в данном случае это последняя модель сборки, Приложение U) и конструкции 2 (модель с доработанной системой застёгивания, Приложение D1), и на основе количества и сложности предпринимаемых движений, дать заключение по определению оптимального варианта конструкции.

В данной проектной ситуации, целесообразность применения виртуального тестирования обусловлена следующими факторами: возможность исследования эргономических параметров, которые можно выявить на основе сравнения нескольких вариантов конструкционных решений без использования повторного прототипирования; потребность в проверки изменяемых конструктивных решений модели.

Объектом виртуального тестирования является сборочная 3D-модель медицинского браслета, на базе которого выполнен опытный образец (Приложение U).

Цель виртуального тестирования – провести исследования поведения модели с заданными свойствами в виртуальной среде, по заранее заданному опытному сценарию, для получения данных о дизайн-решении и последующего его изменения.

Использованные методы: моделирование, наблюдение, сравнение, анализ.

Задачи виртуального тестирования:

- определить, на основе выявленных недочётов опытного образца (сложное застёгивание браслета одной рукой, плохое сгибание ремешка на запястье) эргономические параметры, составить на их основе систему требования и особенности для виртуального тестирования.

- определить требования для виртуальной среды;
- создать сценарий тестирования и виртуальную среду, апробировать;
- провести виртуальное тестирование модели в созданной среде;
- проанализировать полученные результаты, сделать выводы о выявленных (подтверждённых) проблемах.

Физическое тестирование позволяет определить эргономические параметры и данные за счёт реальных габаритов прототипа, возможности воспроизведения реальной ситуации с заданными условиями и прямого взаимодействия человека с предметом. В виртуальном тестировании создание реальных условий, реалистичного поведения объектов происходит путём физической симуляции. Внедряя дополнительные объекты и анимируя их можно взаимодействовать с моделью дизайн-объекта. В данном случае, основными особенностями виртуального тестирования является визуальный анализ взаимодействия 3D-объектов и анализ программных данных.

Особенности проведения физического тестирования браслета:

- наличие нескольких вариантов решения модели, для сравнения виртуального опыта;
- наглядная демонстрация взаимодействия виртуальных объектов, для визуального сравнения;

- реалистичная симуляция процессов и взаимодействия объектов;
- мониторинг и отслеживание качества тестирования, задаваемым требованиям;
- изменение процесса, ситуации, сценария тестирования в соответствии с возникающими потребностями (доступное управление анимацией объектов и систем сцены; возможность воспроизведения сценария действий).

Результаты виртуального тестирования должны соответствовать эргономическим параметрам (таблица 2.5). На основе обозначенных наглядных результатов, определена форма получаемых данных тестирования (таблица 2.6).

Таблица 2.5 Определение параметров и результатов виртуального тестирования дизайн-решения браслета «Спинор-Эйр»

Эргономические параметры тестирования	Наглядный результат	Предпринимаемые действия на основе результата	Данные, оценка
Степень сложности моторного движения руки и пальцев, определение конструкции	Последовательность движения элементов и частей браслета. Последовательность и характер движение «пальцев» и «руки»	<i>на основе количества и сложности предпринимаемых движений, дать заключение по определению оптимального варианта конструкции</i>	<i>Визуальная оценка сложности воспроизведения сценария застёгивания</i>
Свойства материала в зоне сгиба при конструктивном решении, параметры гофрирования	Характер формы при сгибе ремешка, угол сгиба (степень сгиба)	<i>проверить варианты форм гофрирования ремешка на возможность сгиба, а также определить оптимальную глубину и шаг «надрезов»</i>	<i>Визуальная оценка лёгкости сгиба зоны утолщения ремешка, на основе конструктивного решения</i>

Способы, инструменты достижения результата, могут быть разными в процессе реализации сценария взаимодействия объектов. На основе их особенностей, выдвигается ряд требований проектирования виртуальной среды (таблица 2.6).

Таблица 2.6 Сценарий виртуального тестирования и требования к среде

Вар-нты	Задаваемые и выполняемые действия объектов	Особенности	Требования, предъявляемые к виртуальной среде
1	<i>Последовательность движения элементов и частей браслета. Последовательность и характер движение «пальцев» и «руки»</i>		
1-а	Задание движения (анимации) конструкции (рига) манипулятора => который задаёт движение браслета => браслет подчиняется воздействию	Движения браслета может быть управляемым не только при помощи <u>внешнего взаимодействия с другим объектом</u> , но и на основе индивидуального <i>рига или вспомогательных, упрощённых объектов</i> (проецируемое движение на основе модификаторов).	<ul style="list-style-type: none"> - Среда приближенная к величинам физического мира - Физическая симуляция свойств материала браслета - Анимлируемая система манипулятора, на основе инверсной кинематики (<i>Inverse kinematics</i>) - Осуществление захвата объекта - взаимодействие модели руки и вводимой модели
1-б	Задание движения конструкции браслета (на основе модификатора, или рига браслета) => задание движения рига манипулятора на основе движения браслета => совмещение двух отдельно заданных движений	Для процесса может не понадобится задание физических свойств материала браслета и включения его в физическую симуляцию. Все движения и взаимодействия объектов могут задаваться пользователем самостоятельно, на основе анимации объектов.	<ul style="list-style-type: none"> - Среда приближенная к величинам физического мира - Симуляция свойств силиконового материала при заданном движении (риг) <i>Или</i> - Риг модели и распределение весов по форме объекта (без использования физической симуляции)
2	<i>Характер формы при сгибе ремешка, угол сгиба (степень сгиба)</i>		
2-а	Задание движения вспомогательного внешнего объекта (анимация) => который воздействует на форму объект => форма объекта подчиняется воздействию в соответствии с её свойствами.	В данном случае важен способ задания материальных свойств формы. Можно использовать риг модели и включение формы объекта в физическую симуляцию.	<ul style="list-style-type: none"> - Среда приближенная к величинам физического мира - Физическая симуляция свойств материала браслета - Анимация вспомогательного объекта - Взаимодействие вспомогательной модели и модели браслета
2-б	Задание движения конструкции браслета (на основе модификатора, или рига) => внешняя форма принимает	Для процесса может не понадобится задание физических свойств материала браслета и включения его в физическую симуляцию.	<ul style="list-style-type: none"> - Риг модели и распределение весов по форме объекта (без использования физической симуляции), задание анимации <i>Или</i> - Риг модели и включение

	вид в соответствии со свойствами материала		формы объекта в физическую симуляцию
--	--	--	--------------------------------------

В требованиях предъявляемых виртуальной среде, рассматривается два вида анимации, задаваемые при помощи физической симуляции и при помощи ручного покадрового управления движением объекта (покадровая анимация). В зависимости от потребностей их использования в сцене, характера воспроизводимого сценария, можно осуществлять разные варианты систем взаимодействия объектов.

Сценарий действий виртуального тестирования предполагает реалистичную анимацию процесса взаимодействия объектов сцены, что можно осуществить по средствам: симуляции физических явлений (гравитация, столкновение, скорость и т.п), создании анимируемых структур (*riging*). В любом случае, форма объекта с заданными свойствами должна вести себя правдоподобно. *Возникает необходимость определения степени реалистичности симулируемых процессов.* Для этого можно задать условия, на основе сравнения поведения реального объекта и модели.

2.3.2 Выбор программного обеспечения для создания виртуальной среды

Компьютерная программа, которая производит компьютерное моделирование физических законов реального мира в виртуальном мире, с той или иной степенью аппроксимации, называется *физический движок (physics engine)* [38]. Чаще всего физические движки для физического моделирования используются не как отдельные самостоятельные программные продукты, а как составные компоненты (подпрограммы) других программ. Современные физические движки симулируют следующие явления: динамика абсолютного твёрдого тела, деформируемого тела, жидкостей, газов, поведение тканей.

Инструменты физического движка, позволяют создать виртуальное пространство, которое можно наполнить телами (виртуальными статическими и динамическими объектами), и указать для него общие «законы»

взаимодействия тел и среды, задавая при этом характер и степень взаимодействий (импульс, силу и т.д), в той или иной мере приближенные к физическим. На основе движка осуществляется расчёт взаимодействия тел, когда анимируемого набора объектов, взаимодействие которых должно осуществляться по определённым требованиям, недостаточно, в силу сложности реализации процесса и неполного приближения физической модели к «реальной». При расчёте взаимодействия тел, программа приближает физическую модель получаемой системы к «реальной», передавая уточнённые геометрические данные в средству отображения.

Чаще всего задачи физических движков специализированных 3D-сред сводятся к реалистичной (правдоподобной) визуализации физических явлений, при качественном обчёте сцены. Большинство популярных программ по работе с трёхмерной графикой имеет минимум один встроенный движок, но часто имеется возможность подключить внешний в качестве программного модуля. Также может появиться необходимость использования собственного алгоритма взаимодействия. Как правило, движки предоставляют такую возможность на основе открытого языка программирования.

Физические движки делят на два типа: *игровые* и *научные* [39]. Следует отметить, что подобное деление условно, так как программные пакеты моделирования (*Autodesk 3DMax*, *Autodesk Maya*) имеют движки, которые нельзя назвать игровыми (не обладают игровой логикой) и научными (имеют большую аппроксимацию в расчётах). Также подобное деление, не основано только на сравнении точности просчёта проводимой симуляции, большую роль играют задачи, для решения которых реализуются физические движки.

Первый тип используется в компьютерных играх как составляющая игрового движка (*game engine*). В данном случае он работает в режиме реального времени, то есть воспроизводит физические процессы в игре с той же скоростью, в которой они происходят в реальном мире. Главное требование – визуальная приближённость к реальному процессу, и для его достижения не

обязательно проводить точный расчёт симуляции (точность вычислений с высокой программной аппроксимацией).

Основную функциональность обычно обеспечивает игровой движок, включающий движок рендеринга (графический движок, отвечающий за симуляцию), физический движок, карта звука, систему программных языков, набор программных методик для симуляции поведения персонажей (игровой искусственный интеллект), сетевой код, инструменты анимацией и управление памятью [40]. Подобную совокупность элементов, чаще всего предоставляют в виде интегрированной среды - «промежуточное программное обеспечение» (ППО) с визуальными инструментами разработки алгоритмов и объектно-ориентированным представлением 3D-мира игры. В игровой индустрии чаще всего происходит кооперация понятий игрового движка и графического, что объясняется приоритетом в игре графики, ниже представлены некоторые пакеты реализующие игровые движки:

- *Unity (Unity Technologies)* - инструмент для разработки двух- и трёхмерных приложений и игр. В сцену можно добавлять объекты типа *GameObject*, импортированные со сторонних поддерживаемых форматов [41].

- *Crystal Space 3D* - портативный игровой 3D- движок, написанный на C++. Работает с большинством графических 3D-карт. Поддержка *OpenGL*, дополнительных возможностей, таких как шейдеры и системы освещения, физика, 3D звуки, наложение анимации, позволяет добавлять динамическое освещение и т. д. Предусмотрено использование скриптов (*Python, Lua* и другие языки) [42].

- *RenderWare (Criterion Games)* - представляет собой интегрированный программный комплекс - игровой движок, сочетающий в себе все компоненты для разработки трёхмерных приложений: графический движок, физический движок, звуковой движок, систему искусственного интеллекта и т.д [43].

Научные физические движки (scientific engines) используются в научно-исследовательских расчётах, где важна точность вычислений. Скорость

вычислений визуализации не играет существенной роли. Визуализация в данном случае упрощена, внимание сосредоточено на представлении параметрических данных.

Производители выпускающие программное обеспечение для расчёта сложных динамических систем (например, расчёт динамики жидкости в физике двигателей, моделирование протекторов шин и испытания их свойств в различных погодных условиях и т.п.), ориентируются на узкий рынок специализированных компаний, поэтому они не распространены в массовом потреблении. Зачастую программы пишутся под конкретную задачу, что отличает их от известных пакетов моделирования отсутствием доступной среды моделирования. Научно-исследовательские проекты, реализуемые компаниями, научными центрами, зачастую являются базой для реализации новых специализированных программных модулей, но используются либо внутри самой организации, либо в обмене с другими научными центрами.

Наиболее ярким примером специализированных «научных» программ, которые получили своё распространение на массовом рынке, являются системы автоматизированного проектирования (*САПР* или *CAM - computer-aided engineering, CAD -computer-aided design*), предназначенные для решения инженерных задач. Системы реализуют виртуальный процесс проектирования, состоящий из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации инженерной деятельности [33]. По целевому назначению различают САПР, в следующих категориях: *CADD (computer-aided design and drafting)*, *CAGD (computer-aided geometric design)*, *CAE (computer-aided engineering)*, *CAM (computer-aided manufacturing)* [44].

Современные системы инженерного анализа применяются совместно с CAD-системами, зачастую интегрируются в них, в этом случае получают гибридные CAD/CAE, CAD/CAM и др. – системы [46]. Также они реализуются в качестве прикладных программных продуктов, позволяющие провести преданализ: как поведёт себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации, убедиться в работоспособности изделия, без

привлечения больших затрат времени и средств. Ниже приведены некоторые из гибридных систем автоматизированного проектирования:

- *Autodesk Simulation* - комплекс систем КЭ () анализа со встроенными пре-/постпроцессорами (в комплекс входят *Autodesk Simulation CFD* - программа вычислительной гидрогазодинамики, *Autodesk Simulation Mechanical* - программа для механического и теплового анализа изделий и конструкций, *Autodesk Simulation MoldFlow* - программа моделирования процесса литья пластмассовых изделий под давлением) [46];

- *SolidWorks Simulation* (пакеты делятся на семейства: Flow-, Plastic-, Inspection- Simulation и т.д) - семейство расчетных пакетов в среде SolidWorks (прочность, динамика, тепло, частотный анализ, газо-гидродинамика и пр.) [47];

- *Simulia (Dassault Systemes 3DEXperience Platform)* система комплексного анализа и расчётов нелинейной динамики твёрдых и упругих тел, физических систем, «умных» материалов, электрических сетей, активного управления, гидравлических сетей, аэродинамики самолётов и вертолётов [48].

Программный пакет выбирался на основе предъявляемых требований к созданию виртуальной среды и задач, которые необходимо выполнить при виртуальном тестировании (таблица 2.6). Выбор программных пакетов проводился на основе анализа атрибутов (таблица 2.7). Из многочисленных программ 3D-моделирования рассмотрены три пакета, один из которых - Blender имеет встроенный игровой движок и не уступает по возможностям моделирования аналогам, что и явилось основой выбора.

Таблица 2.7 Сценарий виртуального тестирования и требования к среде

	Атрибут	Blender	Autodesk Maya	Autodesk 3D Max
1	Физический движок	Bullet Physics Library	Bullet Physics и PhusX модуль Dynamic	PhusX модуль MessFX
2	Игровой движок	Blender game engine	_____	_____
3	Набор зависимостей между	Кости, система «арматуры». Инверсная	Суставы или сочленения (англ. joint). Использование	Система костей (англ. bones). Скелетная

	управляющим и управляемыми элементами сложной системы (riging)	кинематика, скелетная анимация и сеточная деформация, анимация по ключевым кадрам, нелинейная анимация, редактирование весовых коэффициентов вершин, ограничители и др.	корректирующих форм, инверсная кинематика, создание прокси систем, растягивание костей, весовые коэффициенты и др.	анимация и сеточная деформация, редактирование весовых коэффициентов вершин, создание управляющего интерфейса для систем и др.
4	Внутренний язык программирования	Python	Python и Maya Embedded Language(MEL)	MaxScript
5	Поддержка сторонних форматов	3D Studio, AC3D, COLLADA, FBX Export, DXF, OBJ, DEC Object File Format, Softimage, STL, xfig и др.	CSB, IGES, DWG, DXF, CATIA, IPT, FBX и др.	FBX, 3DS, DWG, CATIA, GES, STEP, STL, FLT и др.
6	Удобство интерфейса	Имеет гибкую систему окон и панелей, комбинируемую по желанию пользователя. Активно используются горячие клавиши, функции некоторых не зафиксированы в интерфейсе.	Есть возможность перестраивать окна и фиксировать их на боковых панелях. Осуществляется управление как через горячие клавиши, так и через интерфейс.	Имеет устоявшуюся систему окон. Наборы инструментов можно фиксировать на боковой и верхней панели
7	Встроенные визуализаторы	Blender, Cycles render	Maya Hardware, Mental Ray, Vector, Software	Scanline, Mental ray, iRay (не во всех версиях)

Blender (Blender Foundation) включает в себя средства моделирования, анимации, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов» (*Node Compositing*), а также применяется для создания интерактивных игр. Имеет расширенный набор пользовательских программных модулей, и дополнений, которые находятся в общем доступе. Пакет имеет инструменты анимации, среди которых инверсная кинематика, скелетная анимация и сеточная деформация, анимация по ключевым кадрам, нелинейная анимация, редактирование весовых коэффициентов вершин, динамика мягких тел (включая определение коллизий объектов при взаимодействии), динамика твердых тел на основе физического движка *Bullet Physics Library* и система волос на основе частиц.

Отличительной особенностью *Blender* является встроенный пакет *Game Blender*, предоставляющий интерактивные функции, такие как

определение коллизий, движок динамики (*Blender game engine - BGE*) и программируемая логика, поддерживаемая программным языком *Python*, который используется как средство создания инструментов и прототипов, системы логики в играх, как средство импорта, экспорта файлов и автоматизации задач. Также игровой движок позволяет создавать отдельные интерактивные приложения реального времени, начиная от архитектурной визуализации до видео игр.

Основными источниками информации при разработке сцены и системы взаимодействия объектов виртуального тестирования в *Blender*, являются справочная система программы [49] и свободно доступные электронные ресурсы форума программы [50].

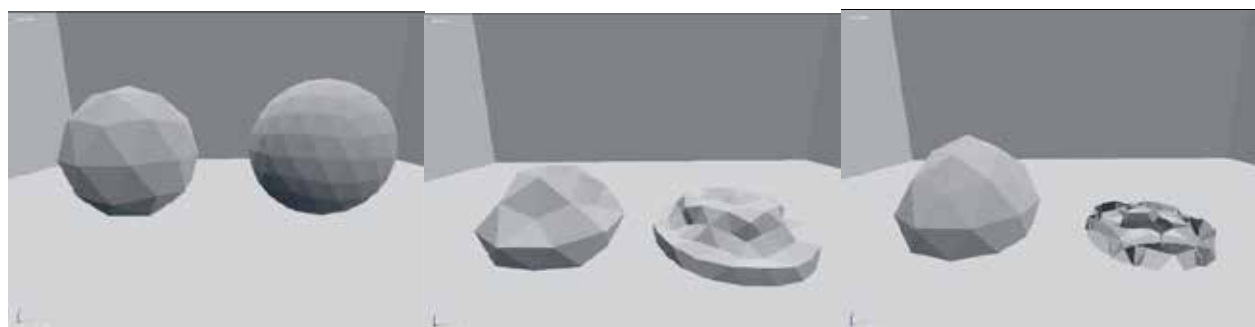
2.3.3 Разработка системы виртуального тестирования модели браслета в программном пакете *Blender*

Сцена виртуального тестирования в программе *Blender*, содержит два основных объекта: модель руки и браслета. Предполагается, что объекты должны быть не только легко анимируемые в сцене, но и обладать некими физическими свойствами. Данные требования могли быть выполнены при помощи физической симуляции по средствам назначения модификатор *Rigid Body* и *Soft Body*, условно - «твёрдый» и «мягкий» тип объекта.

На основании проведённых пробных симуляций с примитивами, с заданием им разных параметров, было выявлено, что модификатор *Soft Body* корректно взаимодействует только с объектами при ряде особенностей: низко полигональные модели взаимодействуют с друг другом лучше, и симуляция рассчитывается быстрее; при сложной геометрии модели, возникают различные «коллизии» (влияния при взаимодействии объектов не происходит, либо твёрдое тело «проходит сквозь» мягкое).

Следует отметить, что *Soft Body* чаще всего используется для объектов с закрытой сеткой, и является аналогом модификатора *Cloth* в игровой симуляции.

При применении симуляции *Soft Body*, от количества полигонов объекта зависит эффект симуляции, визуальное представление его свойств. На рисунке 2.4 представлены промежуточные кадры симуляции сферы, с одинаковыми настройками параметров *Soft Body*. Низкополигональная модель имеет небольшое количество крупных рёбер, соответственно объект ведёт себя как более упругий объект, нежели сфера справа. Заданный эффект учитывался при создании модели браслета, который представляет собой упругую силиконовую форму.



Рисунке 2.4 Влияние количества полигонов модели на результат симуляции

Cloth – стабильно взаимодействует при соприкосновении с типом объекта *Collision*, как с заданной анимацией, так и без неё. Данный модификатор рекомендуется, использовать для симуляции ткани. Замечено, что при одинаковых настройках качества просчёта, симуляция одного и того же объекта типа *Cloth* - происходит быстрее, нежели по средствам модификатора *Soft Body*.

Технология симуляции *Cloth* и *Soft Body* – одинаковая, осуществляемая путём воздействия «силы» на вершины объекта генерируемой полисетки. Рёбра полисетки подчиняются движению вершин и производят пружинное действие, в пропорции с оказанным воздействием. Отличаются два типа симуляции количеством доступных параметров, которые позволяют управлять степенью и скоростью растягивания и сжимания «пружины». Таким образом, мы можем создавать «плотную» структуру, вроде кожи, мягкую как шёлк или эластичную как резина на основе данных модификаторов.

Твёрдое тело (*Rigid Body*) имеет два типа состояния: «активное» и «пассивное». Активное тело может иметь тип движения: динамическое

(Dynamic-падает под действием гравитации) и анимированное (Animation – с заданным движением). Движение пассивного тела задаётся только анимацией. Следует отметить, что для взаимодействия с объектами типа *Cloth* и *Soft Body*, в стек физической симуляции твёрдого тела должен быть добавлен модификатор *collision*, иначе взаимодействие осуществляться не будет.

В качестве предполагаемого манипулятора выступает модель руки, управление которой проводится по средствам арматуры (*armature*) (рисунок 2.5). В программном пакете Blender термином *armature* обозначается риг объекта (*rig*) – набор зависимостей между управляющим и управляемыми элементами (*constraints and link*), созданный таким образом, чтобы управляющих элементов было меньше, чем управляемых. Тем была возможность упростить манипуляцию большим количеством костей, и внешней полигональной геометрией.

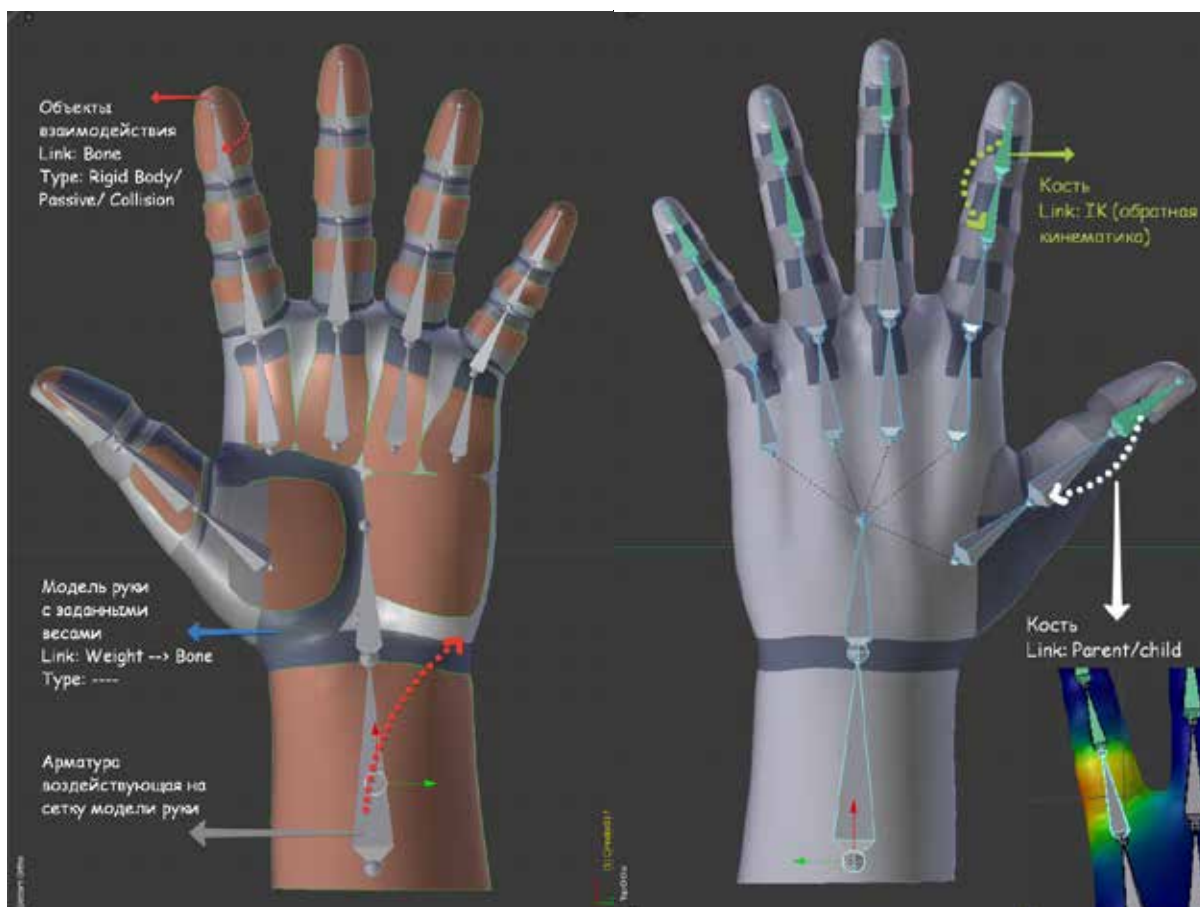


Рисунок 2.5 Модель руки (манипулятор) и система взаимосвязей костей (арматура)

Модель руки с назначенными модификаторами *Rigid Body* и *Collision* не может взаимодействовать с другими типами объекта, если вершины (*Vertex*) с заданными весами (*Weight* – термин обозначающий группу вершин полигональной модели с задаваемым параметром смещения относительно кости) «привязаны» к типу объекта *armature*. Данная проблема была выявлена в ходе испытаний на объектах разных типов, включённых в физическую симуляцию, и решена - по средствам создания дополнительных объектов взаимодействия, которые связаны с костями как родитель и потомок (рисунок 2.5).

К модели и связям вспомогательных объектов ремешка предъявлялись два требования: объект должен быть подчинён симуляции и его свойства должны настраиваться через параметры; должна быть возможность легко изменять основную геометрию объекта; при взаимодействии с другими объектами браслет должен выглядеть корректно. Чтобы выполнить данные требования, были рассмотрены два варианта решения.

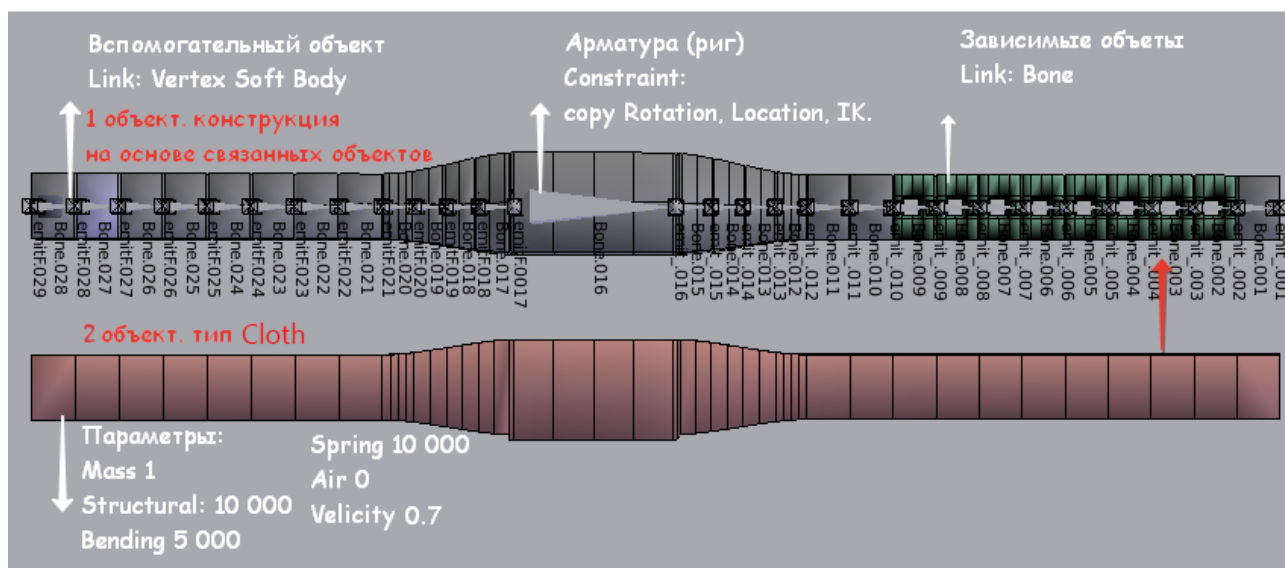


Рисунок 2.6 Арматура и вспомогательные объекты модели браслета

Первый вариант представлен на рисунке 2.6. Конструкция браслета состоит из двух объектов: низко полигональная модель, для которой назначен модификатор *Cloth* (2-й объект); система взаимосвязанных между собой объектов (костей); зависимые объекты (сегменты) повторяющих форму

браслета, с применённым модификатором *Collision* и *RigidBody*. Арматура объекта подчиняется положению вершин объекта типа *Cloth*, в то время как зависимые объекты повторяют положение костей. Тем самым общая система элементов ведёт себя в симуляции как твердотельный объект и как объект с «мягкой» геометрией, соответственно возникает возможность настраивать свойства объекта при помощи различных по типу параметров

Второй вариант решения системы взаимодействия объектов, являлся упрощённым вариантом конструкции представленной на рисунке 2.6. К звеньям общей формы браслета, применялся тип взаимосвязей *Rigid Body Constraint* (рисунок 2.7). Предполагалось что управление свойствами взаимосвязей, позволит достичь эффекта упругого объекта. В данном случае результат, зависит от параметров лимита угла и положения объекта в системе координат сцены. Учитывая это, оказалось, что управлять большим количеством параметров достаточно сложно, поэтому данный вариант не использовался при симуляции.

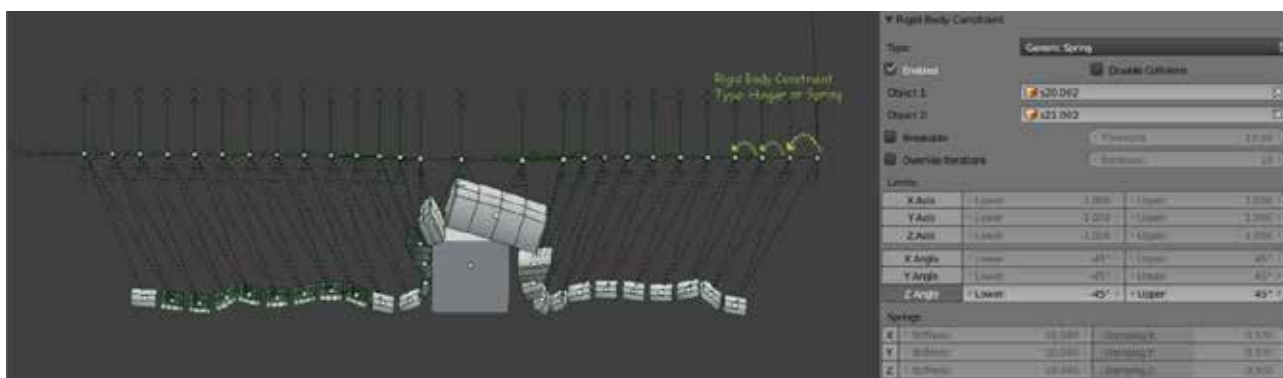


Рисунок 2.7 Арматура и вспомогательные объекты модели браслета

Осуществление «захвата» объектов разных типов, являлась важной задачей виртуального тестирования, так как её решение позволило бы получить демонстрацию моторики руки при разных конструктивных вариантах браслета. Сцены, демонстрирующие процесс взаимодействия анимированной руки и динамических объектов, представлены на рисунке 2.6. В варианте слева, удалось провести «захват» рукой всех созданных твердотельных объектов, предварительно осуществив подбор параметров.

Анимационные ключи движения руки задавались на протяжении времени проведения физической симуляции. Происходило отслеживание динамического объекта и осуществление захвата на основе задания положения пальцев и ладони. При этом важно сопоставлять движение манипулятора с движением реальной руки. Производить соприкосновение руки с динамическим объектом учитывая скорость происходящих изменений.

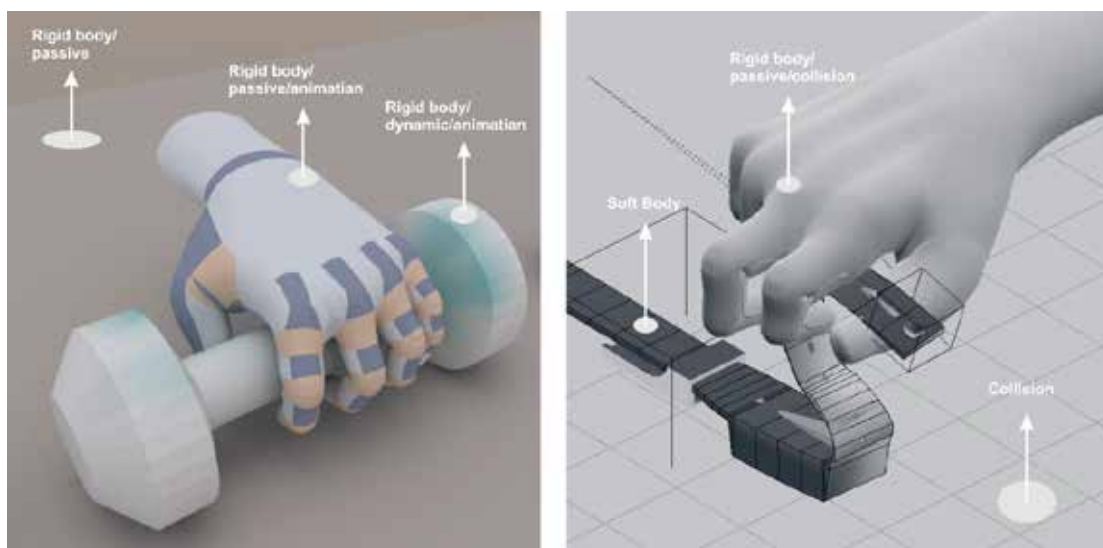


Рисунок 2.7 Типы объектов в физической симуляции. Слева – апробация захвата «твердых» объектов манипулятором. Справа – апробация захвата мягкого объекта манипулятором.

При симуляции справа (взаимодействие с мягким объектом) возникли следующие трудности: сложно захватить объект меняющий форму в процессе воздействия; сложно предсказать движение пальцев, не зная конечный результат симуляции; если параметр «трение» больше нуля то, возникают искажения геометрии «мягкого» тела, которые влекут нежелательную деформацию сетки геометрии и резкие движения объекта.

Назначение сегментированной внешней модели модификатора Rigid Body (для корректного взаимодействия с манипулятором), мог бы решить вышеуказанные проблемы при условии, если положение зависимых объектов (сегментов) влияла бы на «мягкий» объект (внутреннюю модель). В данной конструкции такая зависимость отсутствовала, поэтому решение было достигнуто при помощи ввода дополнительных элементов и назначения

вершинам «мягкого» модификатора Hook (якорь). На основе движения дополнительных элементов (эмиттеров) появилась возможность управлять «мягким» телом и осуществить процесс застёгивания браслета.

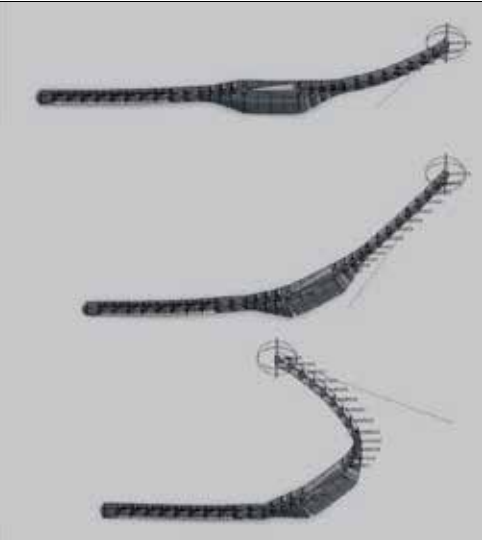
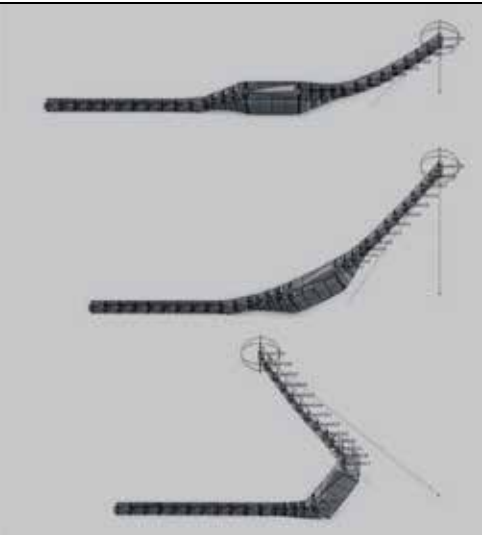
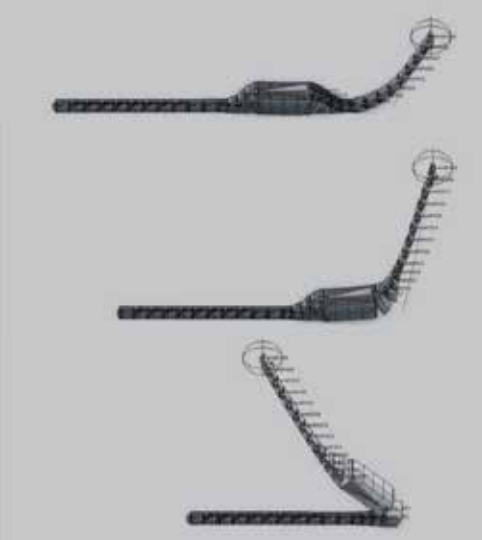
Таким образом, сцена была подготовлена для физического тестирования браслета для проверки конструктивных параметров гофрирования, и вариантов застёгивания браслета на руке. Ниже дан анализ апробации полученной среды на основе объектов типа *Rigid Body* и полученной модели браслета с системой взаимосвязанных элементов типа *SoftBody*.

2.3.4 Апробация полученной среды и анализ её соответствия предъявляемым требованиям

Предполагалось, что ремешок браслета при симуляции должен вести себя подобно объекту выполненного из силикона, чтобы получить объективные визуальные данные о тестировании. Соответственно параметры модели типа *Cloth* следовало соотнести со свойствами силиконового материала, основные из которых: гибкость, упругость, плотность. В панели *Cloth* существует несколько уже готовых к использованию условных «материалов»: *Cotton* (хлопок), *Leather* (кожа), *Rubber* (резина) и *Silk* (шёлк). Однако, в случае с моделью браслета параметры подбирались самостоятельно, в зависимости от визуального результата симуляции:

- *mass* (вес): больший вес даёт вам более тяжёлую ткань;
- *structural* (структурность): параметр определяет жёсткость структуры ткани;
- *bending* (гибкость): коэффициент помятости - более высокие значения дают больше складок;
- *spring* (упругость): затухание скорости ткани;
- *air* (воздушное сопротивление): если установить на ноль, то вся ткань будет падать с равномерной скоростью;
- *velocity* (скорость): понижение данного параметра позволяет ткани достичь состояния покоя намного быстрее.

Таблица 2.8 Симуляция свойств объекта при заданных параметрах

Кадры симуляции 43, 79, 140	Параметры Cloth	Свойства
<p>1</p> 	<p>Mass: 1 Structural: 1 000 Bending: 1 000 Spring: 5 Air: 0 Velocity: 0.7</p>	<p>Модель ведёт себя как объект, выполненный из достаточно жёсткого материала т.к. сохраняется структура геометрии в виде дуги. Скорость изменения положения взаимосвязанных элементов - медленная. Следует заключить, что объект гибкий и упругий как каучуковый силикон.</p>
<p>2</p> 	<p>Mass: 1 Structural: 1 200 Bending: 200 Spring: 5.8 Air: 0.5 Velocity: 0.9</p>	<p>Скорость изменения положения взаимосвязанных элементов высокая, завышенный параметр структуры геометрии не позволяет с высокой степенью деформироваться сетки модели. Поэтому возникает эффект «упругости» формы. Соответственно результат приближен к первому варианту, но по степени гибкости выглядит менее жёстким.</p>
<p>3</p> 	<p>Mass: 1 Structural: 100 Bending: 100 Spring: 5.8 Air: 0.5 Velocity: 1</p>	<p>Заданный параметр структуры геометрии и гибкости - снижен, соответственно модель ведёт себя как объект, выполненный из «мягкого», тяжелого материала. По степени изгиба можно судить, что объект имеет низкую жёсткость, и не «сопротивляется» воздействию задаваемого движению. Как вариант, данный результат может использоваться при сравнении разных вариантов симуляции.</p>

В таблице 2.8 дан подбор параметров дающих эффект силиконового материала модели браслета. Описаны свойства силиконового объекта и дана характеристика процессу сгиба, на основе визуального анализа симуляции.

Исходя из рассмотренной таблицы, следует выделить первый вариант симуляции объекта, параметры которого подходят для представления физической симуляции свойств упругого силиконового объекта. Другие варианты симуляций объекта можно использовать в процессе пробных испытаний. На основе сравнения поведения объектов с разными параметрами следует сделать вывод, что созданная система браслета визуально соотносится со свойствами реальной силиконовой формой ремешка прототипа.

Разделение внешней формы объекта на сегменты, является визуальным упрощением полигональной формы. Была возможность задать веса вершинам полигональной сетки модели относительно взаимосвязанных элементов-костей, но данное решение было исключено по причине трудоёмкости данного процесса, который должен повторяться каждый раз, при изменении геометрии объекта. Поэтому сегментирование внешней, подчиняющейся формы, является наиболее приемлемым решением для отображения процесса симуляции.

После успешной апробация взаимодействия руки и «твёрдых» объектов (Приложении В1), *была проведена апробация «мягкого» объекта, результаты которой привели к выводу о невозможности корректного управления процессом по средствам манипулятора (руки) (глава 2.3.3).* Соответственно, исключение анимации моторики руки, потребовало иного решения для воспроизведения застёгивания ремешка и получения визуальных данных о сложности конструкции. Так как данные о застёгивании физического прототипа браслета были получены при физическом тестировании, то виртуальную симуляцию застёгивания исправленного вариант браслета можно провести, задав последовательные движения его частей (Приложение В1).

Данное решение достаточно упрощено с точки зрения соответствия реальному процессу, но способно дать визуальную информацию о принципе застёгивания браслета. На основе чего можно провести сравнительный анализ

сложности застёгивания прототипа браслета (оценка получена во время физического тестирования) (конструкция 1) и *предположить степень сложности движения руки на основе визуального представления принципа застёгивания виртуальной модели (конструкция 2)*. Данный анализ проведён в главе 2.3.5.

Таким образом, созданная виртуальная среда позволит провести тестирование конструктивных решений модели объекта по следующим параметрам: степень сложности принципа застёгивания браслета, определение конструкции; свойства материала в зоне сгиба при конструктивном решении, параметры гофрирования. Виртуальная среда удовлетворяет основным требованиям тестирования: наглядная демонстрация взаимодействия виртуальных объектов, для визуального сравнения; изменение процесса, ситуации, сценария тестирования в соответствии с возникающими потребностями; изменение геометрии объекта и быстрый ввод её в симуляцию; среда приближена к реальным процессам физического мира.

2.3.5 Анализ полученных результатов виртуального тестирования

Визуальная оценка лёгкости сгиба зоны утолщения ремешка, на основе конструктивного решения

В Приложении С1 представлено виртуальное тестирование модели с гофрированием. При перпендикулярных «надрезах» ремешка, сгиб происходит с короблением материала в нижней части формы. Чтобы предотвратить нежелательный эффект, внесены изменения в геометрию модели, в виде насечек на обратной стороне браслета. За счёт дополнительных «складок» снизилась сопротивление рёбер жёсткости - в виртуальном объекте ими выступают полигоны нижней части браслета.

При симуляции была выявлена неравномерность расстояния между углублениями гофрирования. По причине данной проблемы, может возникнуть разрыв материала при сгибе формы. Данная проблема была решена путём

наклона «надрезов» на 20 градусов, что позволило сделать их ширину при сгибе равномерной.

Линейное гофрирование формы - оптимальный вариант снижения жёсткости материала в зоне утолщения. Если форма «надрезов» будет иметь углы или сгиб при линейном принципе гофрирования (с верхней и нижней стороны), то форма не будет сгибаться в зоне утолщения. Для того чтобы другие варианты формы гофрирования выполняли корректно своё назначение, следует рассматривать парамедиальное гофрирование.

Визуальная оценка сложности воспроизведения сценария застёгивания

В таблице 2.4 дана оценка степени удобства застёгивания браслета выполненного на прототипе. При проведении физического тестирования был замечен ряд проблем: вдавливание заклёпки с верхнего положения в силиконовый материал производится с большими усилиями; заклёпка фиксирующего элемента «выскакивает» из отверстия силиконовой формы. Данные проблемы, предполагалась решить на основе изменения положения заклёпки и изменения формы заклёпки на фиксаторе.

Для *изменённой конструкции* модели проводилось виртуального тестирование (**приложение В1**), где проверялась степень сложность принципа застегивания браслета на руке. На основе полученных визуальных данных, можно заключить, что ремешок фиксируется при следующей последовательности действий: растягивается силиконовая форма (соответственно расширяется отверстие), «одевается» сверху на заклёпку. В отличие от варианта конструкции прототипа, где заклёпку приходилось с силой «вдавливаться» в отверстие, изменённый способ удобнее.

При *замене заклёпки фиксирующего элемента* (на аналогичную форму заклёпки ремешка), форма стала лучше фиксироваться на изгибе руки. Для того что бы «вдавливание» заклёпки происходило без сильных усилий - добавлен отступ в профиль отверстия, для того чтобы сделать материал менее жёстким.

Также унификация заклёпок двух элементов (ремешка и фиксатора) позволило уменьшить количество отверстий, убрав ряд – с одной из частей ремешка.

2.4 Корректировка дизайн-решения в соответствии с результатами физического и виртуального тестирования

При проведении виртуального и физического тестирования были выявлены и проверены проблемы дизайн-решения, на основе которых, приняты решения по изменению эргономических параметров и внесению коррективов в конструкцию браслета (таблица 2.9). При принятии решения изменения системы элементов застёгивания, использовались выводы физического тестирования и общие выводы о тестировании принципа движения элементов браслета в виртуальной среде. Визуальных данных на основе моторики руки были исключены, по причине невозможности осуществления взаимодействия с «мягким» объектом. Задача, заключающаяся в создании системы управления и взаимодействии объектов разных типов для правдоподобной симуляции в виртуальной среде, решена не до конца.

Таблица 2.9 Результаты физического, виртуального тестирования и внесённые изменения в дизайн-решение браслета

	Проблемы выявленные на основе данных тестирования (табл 2.4; глава 2.3.5)	Проверка проблем и повторное тестирование	Конструктивное решение – внесённых изменений в дизайн браслета
Виртуальное	Коробление материала при сгибе гофрированной формы	Испытания материала на сгиб при изменении геометрии объекта	Дополнительное гофрирование в основании ремешка
	Неравномерное расстояние «надрезов» гофрирования при сгибе	Испытания материала на сгиб при изменении наклона «надрезов»	Наклон гофрирования на заданную величину
	_____	Испытания принципа застёгивания браслета с изменённой конструкцией	<i>Изменение системы элементов застёгивания (изменения принципа застёгивания)</i>
Физическ	Не плотное прилегание ремешка к поверхности запястья, неудовлетворительный сгиб ремешка по	Проверка проблемы на основе мнения группы пользователей	Гофрирование формы в зоне утолщения материала

причине утолщения материала в зоне платы		
Длинный ремешок	Проверка проблемы на основе мнения группы пользователей и полученных измерений (, диаметр запястья)	Средний размер длины ремешка, скорректированная длина двух частей ремешка (правой, левой)
Медленное усвоение и низкая скорость застёгивания браслета	Проверка проблемы на основе мнения группы пользователей и полученных измерений (диаметр запястья)	Изменение системы конструкции элементов застёгивания

В таблице не представлено внесённое конструктивное решение, связанное с фокусировкой излучения светодиода. Площадь линзы под светодиод была изменена, под минимальные габариты источника свечения. На данный момент линза является отдельным элементом корпуса, имеющий световод опущенный до источника излучения, что позволяет преломлять свет и рассеивать его в линзе.

Длина двух частей ремешка определена в соответствии со средней окружностью запястья (таблица 2.10). Часть ремешка с заклёпкой, имеет постоянную длину, приблизительно 8 см; часть ремешка с отверстиями, должна позволять регулировать длину окружности браслета по запястью, соответственно длина её приблизительно 11 см, с учётом запаса на промежуток величины окружности запястья от 13 до 17 см.

Таблица 2.10. Окружность запястья

Тип запястья	Окружность запястья, см		Среднее значение
	Женщины	Мужчины	
Узкий	менее 13,4	менее 15,2	6,8
Средний	13,4-15,2	15,2-17,8	7,8
Широкий	более 15,2	более 17,8	8,8

Оптимальный вариант линейного гофрирования утолщения ремешка определён габаритами: ширина углубления 0,6 мм, ширина подъёма 1,2 мм. Определить размеры позволила тестовая модель. При узких надрезах и широких выступах, может пропасть визуальное восприятие формы. Так же при более редких «надрезах» формы есть вероятность коробления материала в зонах растяжения и как следствие разрыв силиконовой формы по «надрезу».

Принцип застёгивания ремешка был «перевернут»: часть ремешка с отверстиями фиксируется с внешней стороны, в отверстие продевается заклёпка с внешней стороны ремешка. Углубления отверстий предусмотрены как для фиксирующего элемента, так и для заклёпки. Фиксирующий элемент имеет заклёпку аналогичную крепёжному элементу, что позволяет надёжно крепить фиксирующий элемент на ремешке.

Другие элементы браслеты не были изменены и имеют форму, указанную в последнем варианте браслета до прототипирования (**приложение U**). Исправленный вариант дизайн-решения браслета на основе данных тестирования, представлен в **приложении D1** и E1. Сборочные чертежи окончательного дизайна внешней конструкции браслета – **приложение B**. Изменение параметров гофрирования (наклон и внесение дополнительного «нижнего» гофрирования), полученные на основе результатов виртуального тестирования, носят рекомендательный характер.

Глава 3. Внедрение этапа тестирования в процесс художественного конструирования

Применение виртуального и физического тестирования при проектировании браслета «Спинор-Эйр» *позволили получить данные* о качестве дизайн-решения, анализ которых способствовал обоснованной корректировке эргономических параметров объекта. Реализация тестирования позволила утвердить первоначально выявленные проблемы и проверить внесённые конструктивные изменения. Проведённые действия по подготовке, реализации и анализу методики тестирования качественного уровня дизайн-решения, позволили не только улучшить эргономические параметры, но и системно исследовать дизайн-объект и его свойства.

Несомненно, что *практические результаты* художественного конструирования медицинского браслета, полученные при осуществлении этапа тестирования, *позволили* повысить качество решения с точки зрения функционального и конструктивного содержания промышленного продукта. Меры по контролю промежуточных вариантов дизайн-решения, могут способствовать осуществлению системного подхода в проектировании изделия, только в том случае, если произведено планирование и определены стратегии развития процесса проектирования. Для расширения методической основы тестирования в промышленном дизайне, следует применять данный метод на практике, использовать для решения реальных проектных задач.

В данной главе проводится сравнительный анализ двух методик тестирования, на основе полученных данных (таблица 2.9), выявленных проблем в ходе их реализации. Анализируется специфика методологической основы проведения двух видов тестирования, на основе общих категорий (методы, инструменты, данные и т.п.). Также даются рекомендации по применению разработанных методик тестирования в процессе дизайн проектирования (на каких этапах могут быть использованы данные методики и условия их применения).

3.1 Сравнительный анализ методик физического и виртуального тестирования

Методика физического тестирования, основанная на испытании и опросе опытной группы, должна проводиться на физическом прототипе, макете и т.п. Опытный образец продукции позволяет выявить проблемы за счёт:

- реальных габаритов изделия;
- возможности воспроизведения реальной ситуации использования;
- наглядного функционирования элементов конструкции (если степень проработки прототипа включает в себя техническое устройство, работающие механизмы).

На планирование и реализацию физического тестирования уходит меньше времени, чем на осуществление виртуального тестирования, учитывая разработку среды, создание инструментов и решение задач моделирования. Создание опытного образца чаще всего выполняется на завершающей стадии проектирования, поэтому тестирования на промежуточных стадиях может проводиться на упрощённых прототипах и макетах. В данном случае, их назначение и степень проработанности зависит от проверяемых параметров и конечного результата (аналогично виртуальному тестированию). Учитывая это, может возникнуть ситуация, когда целесообразней проводить испытания не на «физической» а на «виртуальной» модели, не затрачивая при этом материальные ресурсы.

Для проведения виртуального тестирования, требуется точное знание конструктивных и функциональных проблем дизайн-решения. На начальных стадиях его осуществления, до создания программного инструмента, следует точно определить параметры тестирования и конечные результаты. Корректное проведения виртуального тестирования зависит от требований, предъявляемых к программной среде, которые могут быть составлены на основе «приближения» к реальным условиям по средствам симуляции (как выполнено в данной работе), либо иного решения (метода или технологии).

Систематизированные заключения о преимуществах и недостатках двух типов тестирования представлены в таблице 3.1. Данные выводы основываются на опыте реализации, проведения испытаний браслета «Спинор-Эйр» и выполненных методологических исследованиях.

Таблица 3.1 Преимущества и недостатки физического и виртуального тестирования

Тип	Недостатки	Преимущества
Виртуальное тестирование	· Затраты на материальный прототип или макет	· На основе вывод о целесообразном применении того или иного вида тестирования, может возникнуть ситуация когда выполнить физическое тестирование по времени быстрее чем виртуальное.
	· Не всегда объективная оценка параметров пользователем	· Получения мнения потенциальных пользователей на основе их непосредственного взаимодействия с дизайн-объектом.
	· Трудоёмкая и ресурсозатратная реализация повторного тестирования при изменении крупногабаритных конструкций	· Использование технологии быстрого прототипирования объекта (его части) для его демонстрации и апробации экспортной группой. Групповое решение проблемы.
	· Обработка большого количества данных и их анализ, для принятия решения	· Возможность утверждения конструктивных недочётов, при реальном условии использования
	· Наличие оборудования при механических, химических испытаниях (наличие лабораторных условий)	· Получение точных физических данных о свойствах объекта
Физическое тестирование	§ Затраты времени на реализацию (поиск) инструмента виртуального тестирования соответствующий задачам тестирования	§ Отсутствие материальных затрат на создание прототипа или макета
	§ Решение задач, связанных с получением объективных данных физических параметров тестирования (соотношение с реальными условиями)	§ Обработка большого количества данных и симуляция сложных процессов и взаимосвязанных систем
	§ Реализации физических процессов с определённой степенью аппроксимации	§ Симуляция физических условий (приближенных к реальным) на виртуальной модели
	§ На основе выводов о целесообразном применении того или иного вида тестирования, может возникнуть ситуация когда выполнить виртуальное тестирование по материальным затратам выгоднее, чем физическое	§ Реализация повторного тестирования модели, при её изменении (область решаемых задач при помощи найденного или разработанного инструмента тестирования)

Причины использования той или иной методики тестирования, зависит от целесообразности её использования. В ситуации с браслетом, отсутствовала финансовая возможность реализации макета для повторного тестирования исправленного варианта модели. По данной причине было решено провести виртуальное тестирование, предварительно создав среду для реализации испытаний.

Ниже представлена сравнительная таблица особенностей осуществления виртуального и физического тестирования по общим методическим категориям.

Таблица 3.2 Особенности физического и виртуального тестирования

	Категории	Физическое тестирование	Виртуальное тестирование
1	Субъект и объект	Человек, опытный образец	Система взаимосвязанных моделей - манипулятор, модель дизайн-объекта
3	Условия	Реальные	Физическая симуляция реальных процессов
4	Методы, технологии	Испытание, планирование, наблюдения, измерение	Моделирование, наблюдение, сравнение, апробация
5	Инструменты	Анкета, таймер, линейка	Программный пакет Blender
6	Средства планирования	Сценарий действий куратора, и пользователя	Сценарий взаимодействия моделей манипулятора и модели изделия
7	Данные	Количественные, оценка	Визуальная оценка, программные параметры

На основе анализа полученных данных двух видов тестирования (таблица 2.9) следует уточнить что, проблема воспроизведения моторного движения руки и взаимодействие с «мягким» объектом не позволили получить запланированные данные, из-за чего последовал их пересмотр. Чтобы избежать подобных проблем при виртуальном тестировании следует решать задачи исходя из тех возможностей, которые предоставляют компьютерные технологии. То есть, не обязательно воспроизводить при помощи симуляции реальные условия, чтобы получить запланированные данные. Следует учитывать возможность упущения задач моделирования при реализации виртуального тестирования. Например, визуальные данные моторики руки можно получить, отдельно от проводимой физической симуляции объекта, задав правдоподобную анимацию движения модели.

3.2 Рекомендации по применению разработанных методик тестирования в процессе дизайн-проектирования

Тестирование как метод исследования и контроля эргономических параметров, можно использовать на всех этапах проектирования решая задачи связанные с контролем дизайн-решения, исследованием проектной ситуации, изменением стратегии процесса разработки, сравнением и выбором наиболее удачного варианта концепций, анализом конструкционного решения и т.п. Выявление параметров тестирования происходит на основе проектных задач художественного конструирования, которые следует соотносить с результатами и требованиями запланированных испытаний. Так как подготовка и реализация тестирования является по своей сути проектно-исследовательской деятельностью, с последовательным процессом реализации (рисунок 1.2, глава 2.1.1), следует выделять её в отдельный этап художественного конструирования изделия. Упомянув об этапах дизайн-проектирования, предлагается основываться на общей схеме процесса проектирования представленной в Приложении С.

Рекомендации по применению методики физического тестирования (глава 2.2):

- При реализации прототипа или макета дизайн-решения, с целью его испытания на функциональные и эргономические параметры, *следует определить* степень проработанности его конструктивного содержания;
- Сценарий проведения физического тестирования *следует спланировать*, так чтобы затрачивать как можно меньше времени на повторяющиеся действия;
- Чтобы после тестирования провести полноценный анализ полученных данных, *рекомендуется* заранее определить структуру и форму их фиксации в процессе испытаний;
- *Следует учитывать*, что форма и фиксация данных тестирования не является аналогом опроса мнения пользователя, т.е. при групповом испытании

пользователь фиксирует данные самостоятельно на основе полученного опыта и измерений, для этого каждое задание должно содержать доступную инструкцию действий по получению оценочных, количественных данных;

- *Следует определить* точные «входные» (параметры) и «выходные» данные (результат), на начальных стадиях осуществления тестирования;

- *Предлагается* использовать физическое тестирование по завершению концептуального проекта, для получения информации об общих недочётах дизайн-решения, чтобы учесть их в начале технического этапа;

- *Предлагается* проводить физическое тестирование опытного образца изделия, на завершающем этапе доработки продукта, для его контроля качества.

Рекомендации по применению методики виртуального тестирования (глава 2.3):

- Для выбора технологий и методов реализации инструмента тестирования *следует системно подходить* поиску существующих программных решений и соотносить их с задачами и требованиями тестирования;

- В процессе создания виртуальной среды рекомендуется обращаться к проверяемым параметрам дизайн-объекта, тем самым фокусируясь на решении проблемы;

- При проведении симуляции *следует* определить степень реалистичности виртуальных процессов, для этого можно проводить визуальное сравнение поведения реального объекта и модели (мониторинг и отслеживание качества процесса виртуального тестирования);

- *Предлагается* проводить виртуальное тестирование на этапе технического проекта, а именно, при уточнении конструкции и создании CAD-модели.

- *Предлагается* проводить виртуальное тестирование по завершению технического проекта, что позволит получить опытный образец изделия без серьёзных недочётов в его дизайне.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Экономическое обоснование выполнено с учетом методических рекомендаций [51].

4.1 Резюме проекта

Объект дизайн-проектирования: медицинский браслет «Спинор-Эйр» (рисунок 4.1).

Ключевые слова: дизайн, техническое, концептуальное проектирование, 3D-моделирование, визуализация, чертежи, прототипирование.

Тематическое направление проекта: технологии КВЧ-терапии (воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) низкой интенсивности в миллиметровом диапазоне на организм человека) для индивидуального использования в лечебно-профилактических целях, в учреждениях широкого профиля и по назначению врача в стационарных, амбулаторных условиях. Дизайн браслета создан для повседневного использования.

Изготовитель продукции (заказчик): Общество с ограниченной ответственностью «Спинор», г. Томск.

Сроки выполнения проекта: июнь-декабрь 2015 года.

Стоимость дизайн-проекта: 417 459 рублей.



Рис. 4.1 Дизайн медицинского браслета «Спинор-Эйр» (слева).

Вариант браслета на сегодняшний день в продаже (по центру).

Вариант браслета первый выпуск (справа).

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности разрабатываемого проекта

Прежде чем приступать к планированию работы, определению ресурсного и экономического потенциала дизайн-разработки медицинского браслета «Спинор-Эйр», следует уделить внимание оценки коммерческого потенциала и перспективности новой разработки в целом, дать характеристику и определить сегмент рынка на который будет ориентироваться компания при продажи своей продукции.

4.2.1 Потенциальные потребители результатов промышленной разработки

Медицинский браслет «Спинор-Эйр» представляет собой миниатюрный терапевтический аппарат, предназначенный для ежедневного использования с целью повышения резервных возможностей организма человека. Лечебный эффект достигается за счет воздействия на тело человека излучением определенного частотного диапазона и при эффекте биорезонанса. Аппарат является инструментом для повышения иммунитета, улучшения общего тонуса, профилактики различных заболеваний

Сегмент рынка данной продукции рассчитан на массовое производства для молодых и активных людей (20-35 лет – молодых специалистов, менеджеры среднего звена, предприниматели, студенты старших курсов и т.д.); людей, ведущих здоровый образ жизни, заботящиеся о своём здоровье. Продукт может закупаться учреждениями оздоровительно-, лечебно-профилактического профиля, спортивными организациями и фитнес-клубами.

Для сегментирования рынка, выделены типы потенциальных потребителей, включая учреждения, и три модификации продукта КВЧ-терапии выпускаемого компанией «Спинор». Спинор БФ, Стелла-2, Эйр [] – три аппарата КВЧ-терапии отличающиеся по уровню воздействия на организм и по количеству режимов.

Ниже приведена оценочная таблица сегментирования рынка услуг по аппаратам «Спинор».

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг по продукции компании «Спинор»

		Спинор БФ	Стелла-2	Спинор Эйр
Учреждения и пользователи	Организации физкультуры и спорта	+	–	+
	лечебно-профилактические учреждения, физиотерапевтические кабинеты	+	+	+
	Больницы	-	+	+
	Домашнее использование	+	–	+

Таким образом, наибольший объём продукции могут закупить: лечебно-профилактические учреждения, физиотерапевтические кабинеты. Продукты Спинор БФ и Эйр являются портативными устройствами, рассчитанные на индивидуальное использование. Соответственно их реализация, это попытка расширить рынок медицинских КВЧ-технологий. Прямых аналогов браслету «Спинор-Эйр» нет. Рынок медицинских браслетов еще до конца не сформирован, однако наблюдается заметный рост рынка носимой электроники в контексте заботы о здоровье и поддержания здорового образа жизни. Представленные на рынке «фитнес-браслеты» не предполагают «лечебной функции», соответственно браслеты «Спинор-Эйр» могут занять данную нишу.

Основными сегментами рынка, на которое в основном будет ориентироваться предприятие, являются учреждения, у которых наибольший и средний потенциал закупки новой продукции, и рынок медицинских браслетов для людей, ведущих здоровый образ жизни. В будущем, организация, выпускаемая браслет «Спинор-Эйр» намерена распространять новый продукт в Сибири и Дальнем востоке. Данные регионы привлекательны тем, что не имеют серьёзных конкурентных фирм по типу данного оборудования.

4.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Так как разработка дизайна «Спинор-Эйр» находится на стадии прототипа, и доработки её основных элементов, следует провести анализ её конкурентных технических решений. Существует множество методов для оценки конкретных преимуществ: технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ, ФСА-анализ, метод Кано, морфологический анализ. Анализ на основе самостоятельной оценки позволит провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Браслет «Синор-Эйр» имеет дизайн аналоги («фитнес-браслеты») и аналоги по техническим характеристикам. Дизайн аналоги рассмотрены в главе 1.2, где проводился анализ морфологии объектов, функциональные и эстетические особенности конструкции. Технические аналоги выбраны с учётом портативности и мобильности устройства, то есть специализированные установки медицинского назначения и громоздкие аппараты не рассматривались.

В настоящее время КВЧ-терапия осуществляется аппаратами различающиеся по комплектации и количеству режимов (различаются по длине испускаемых волн). Уникальность аппарата «Спинор-Эйр» состоит в том, что он сочетает в себе стильный браслет и медицинскую технологию КВЧ-терапии, которую можно применять без назначения врача.

Наиболее близкими по технологическим параметрам к разрабатываемому прибору являются портативные аналоги, представленные в таблице ниже.

Таблица 4.2 Технические аналоги аппарата «Спинор-Эйр»

Аппарат КВЧ – терапии	Изображение прибора
<p>1. Б_{к1} Аппарат КВЧ-ИК терапии «Триомед-Кампакт» производства ООО «Триомед» (группа компаний «Семмед», г. Санкт-Петербург), реализуемый в проекте «БиоТрэм». Аппарат использует семь режимов, разного назначения (универсальный, фотон, целитель и т.д.). Каждый из режимов комбинируется с другими режимами и воспроизводит возможности бытового Гормонизатора «CGI» и медицинского аппарата «Триомед». Излучатели встроены в корпус аппарата. Корпус можно устанавливать на плоских поверхностях и фиксировать на теле при помощи ремешка. Цена: 17 500 р. [52]</p>	
<p>2. Б_{к2} Аппарат КВЧ-ИК терапии «КВЧ-терминал» выполнен на базе излучателя аппарата «МИЛТА-Ф-8-01», компанией ООО «Символ» совместно с ЗАО «НПО Космического приборостроения», г. Москва. Имеет три режима соответствующие длинам волн 4.9, 5.6, 7.1, мм, генерируемые одним встроенным излучателем (в отличие от аналогов). Цена от 22 300 р. [53]</p>	
<p>3. Б_{к3} Аппарат «СЕМ-ТЕСН» сегодня называется «Спинор-БФ» производимый ООО «Спинор», г. Томск. Имеет сменные излучатели 4-х режимов, подключаемые к аппарату через USB-порт. Может комплектоваться излучателями с широкополосным шумовым спектром, генерируемым диодом Ганна. Питание производится от солевых батарей. Управление производится через несложный интерфейс. Цена: 16 200 р. [54]</p>	

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по *пятибалльной шкале*, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.3 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Компактность	0,04	5	4	3	3	0,2	0,16	0,12	0,12
2. Удобство в эксплуатации	0,06	5	5	4	3	0,3	0,3	0,24	0,18
3. Эргономичность и мобильность	0,05	5	5	4	4	0,25	0,25	0,2	0,2
4. Внешний дизайн	0,04	5	5	4	2	0,2	0,2	0,16	0,08
5. Энергоэкономичность	0,05	5	5	3	4	0,25	0,25	0,15	0,2
6. Надежность	0,07	4	5	5	4	0,28	0,35	0,35	0,28
7. Безопасность	0,07	4	4	3	4	0,28	0,28	0,15	0,28
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	3	5	3	5	0,09	0,15	0,09	0,15
9. Современная элементная база	0,06	5	5	4	4	0,3	0,3	0,24	0,24
10. Простота эксплуатации	0,03	5	5	5	4	0,15	0,15	0,15	0,12
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	2	2	0	3	0,12	0,12	0	0,18
12. Возможность подключения к ЭВМ	0,04	0	0	0	4	0	0	0	0,16
Экономические критерии оценки эффективности									
13. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	5	3	3	0,45	0,45	0,27	0,27
14. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	4	3	3	0,1	0,2	0,15	0,15
15. Цена	0,05	5	3	1	3	0,25	0,15	0,05	0,15
16. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	4	4	4	0,12	0,12	0,12	0,12
17. Послепродажное обслуживание	0,02	5	5	3	5	0,1	0,1	0,06	0,1
18. Финансирование научной разработки	0,09	5	5	5	5	0,45	0,45	0,45	0,45
19. Срок выхода на рынок	0,02	1	5	5	5	0,02	0,1	0,1	0,1
20. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	5	0,45	0,45	0,45	0,45
Итого	1	80	86	67	77	4,36	4,53	3,5	3,98

Проведя расчёт оценки конкурентоспособности продуктов, можно сделать вывод что браслет «Спинор-Эйр» имеет ряд преимуществ перед

конкурентами «КВЧ-терминал» и «Спинор-БФ» (дизайн, удобство использования, компактность и т.п.). В то же время по функциональным характеристикам разрабатываемый прибор уступает «Триомед-Кампакт», который имеет более количество режимов.

Так как большое внимание в разработке уделяется дизайну, компактности прибора, мобильности и эргономичности, удобству в эксплуатации, то в будущем новый продукт имеет все шансы занять сильную позицию на целевом рынке и быть конкурентоспособным товаром.

4.3 Организация и планирование работы по разработке дизайн-проекта

В разработке дизайна браслета было задействовано два человека: руководитель проекта и исполнитель. Руководитель выполняет постановку задачи, курирует ход работ и дает необходимые консультации при разработке проекта. Исполнитель отвечает за разработку дизайна внешнего вида устройства, его оболочки, функциональных параметров, приспособлений для реализации функций, за визуальную подачу дизайн-разработки.

4.3.1 Структура работ в рамках дизайн-проекта

Структура работ и их график исполнения определялась в соответствии с временным планом назначенным руководителем ООО «Монета». Основными этапами разработки дизайна прибора были: создание концепта и вариантов решения, 3D-моделирование, создание чертежей, прототипирование моделей. Самым продолжительным по времени оказался этап точного САД-моделирования и создание сборки, так как именно в нём проводилась корректирующая работа основных частей и элементов прибора. Информация об этапах работы, приведена в таблице 4.4. Этапы составлены на основе задач дизайн проектирования (полная карта проведённого процесса проектирования Приложение Y).

Таблица 4.4 Перечень этапов работы, распределение исполнителей и их загруженность

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Загрузка исполнителей
<i>Художественно-конструкторский проект</i>			
Анализ проектной ситуации и предпроектные исследования	1	Составление ТЗ и утверждение требований проекта	Р – 100% И – 10%
	2	Поиск и анализ аналогов по морфологическим, эстетическим и эксплуатационным характеристикам	И – 100%
	3	Оценка сценария использования браслета	И - 100%
	4	Составление функциональных и конструктивных требований и требований технической эстетики	Р -30% И – 100%
Формирование и определение концепции	5	Формирование эскизных предложений (конструкция, художественный образ, функциональные особенности)	Р – 10% И – 100%
	6	Моделирование 2х вариантов выбранных концепций	И – 100%
	7	Уточнение формы окончательной концепции, принципа сборки и эксплуатационных особенностей (подготовка к техническому этапу)	Р -10% И – 100%
Технический проект (детальная проработка корпуса)	8	Художественно-конструкторская проработка корпуса и элементов	И – 100%
	9	Компоновка изделия и уточнение габаритных размеров	И – 100%
	10	Разработка сложных поверхностей с учётом технологии изготовления	Р – 30% И – 100%
	11	Выбор конструкционных и отделочных материалов	Р – 50% И – 100%
	12	Подготовка требуемой технической документации и моделей на прототипирование	Р – 10% И – 100%
<i>Проведение ОКР (опытно-конструкторские работы)</i>			
Доработка решения на основе опытного образца	13	Физическое тестирование на эргономические и пользовательские параметры, выявление проблем	И -100%
	14	Экспертная оценка и анализ мнения заказчика	Р – 100%
	15	Внесение изменение в окончательную модель (доработка сборки)	И – 100%
	16	Составление письменного отчёта по проделанной работе	И – 100%
<i>Проведение НИР (научно-исследовательской работы) обобщённые этапы</i>			

Разработать метод виртуального тестирования	17	Обзор существующих методов и технологий виртуального тестирования	НР – 20% И - 100%
	18	Создание инструмента виртуального тестирования	НР – 20% И - 100%
Внедрение этапа тестирования	19	Корректировка дизайн-решения на основе полученных данных тестирования	И – 100%
	20	Провести сравнительный анализ физического и виртуального тестирования, дать рекомендации по внедрению в процесс проектирования	И – 100%

Следует пояснить, что стадии «Художественно-конструкторский проект» и «Проведение ОКР» принадлежат практической части диссертации. На данных стадиях проводятся проектные исследования, касающиеся разработки дизайн-объекта. Проведение стадии НИР – основное диссертационное исследование, которое заключается во внедрении и разработке метода виртуального тестирования на примере дизайн-проекта «Спинор-Эйр». Так как художественно-конструкторский проект имеет реальные проектные данные, дальнейшие расчёты на затраты проекта и планирование будут проходить на его основе. Для НИР и ОКР диссертации будет проведена оценка научно-технического уровня.

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения проектной работы

Чтобы составить ленточный график проведения проектных работ (на основе диаграммы Ганта), сначала следует составить таблицу временных показателей проведения проектной работы.

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

Для определения ожидаемой продолжительности работы $t_{ожі}$ применяются вероятностные оценки длительности работ. Вероятностный характер оценки обусловлен тем, что зависит от множества трудно

учитываемых факторов. Трудоемкость выполнения проектной работы оценивается экспертным путем в человеко-днях (1.3.1):

$$t_{ож} = \frac{3x_{\min} + 2x_{\max}}{5}, \quad (4.2)$$

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

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

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\text{проб}}$ – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность работы для руководителя и исполнителя в рабочих днях $T_{РД}$.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.3)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей. Зависит преимущественно от количества исполнителей, выполняющих одну и ту же работу на данном этапе, в данном проекте $K_{ВН} = 1$.

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. Данное значение принимает сам исполнитель в границах от 1 до 1,2 (в данном случае выбран 1,2) с учётом того что величины трудоёмкости этапа ($T_{РД}$) не может превышать $t_{ож} \cdot K_{Д}$.

Для удобства построения ленточного графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой 4.4.

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (4.4)$$

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

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к календарным дням, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.5)$$

где $T_{КАЛ}$ – количество календарных дней в году (365);

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году (52);

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году (10).

Коэффициент календарности за 2015 год при 6-ти дневной рабочей недели равен 1,212.

Таким образом, получаем таблицу временных показателей проведения работы, приведённую ниже.

Таблица 4.5 Трудозатраты на выполнение проекта

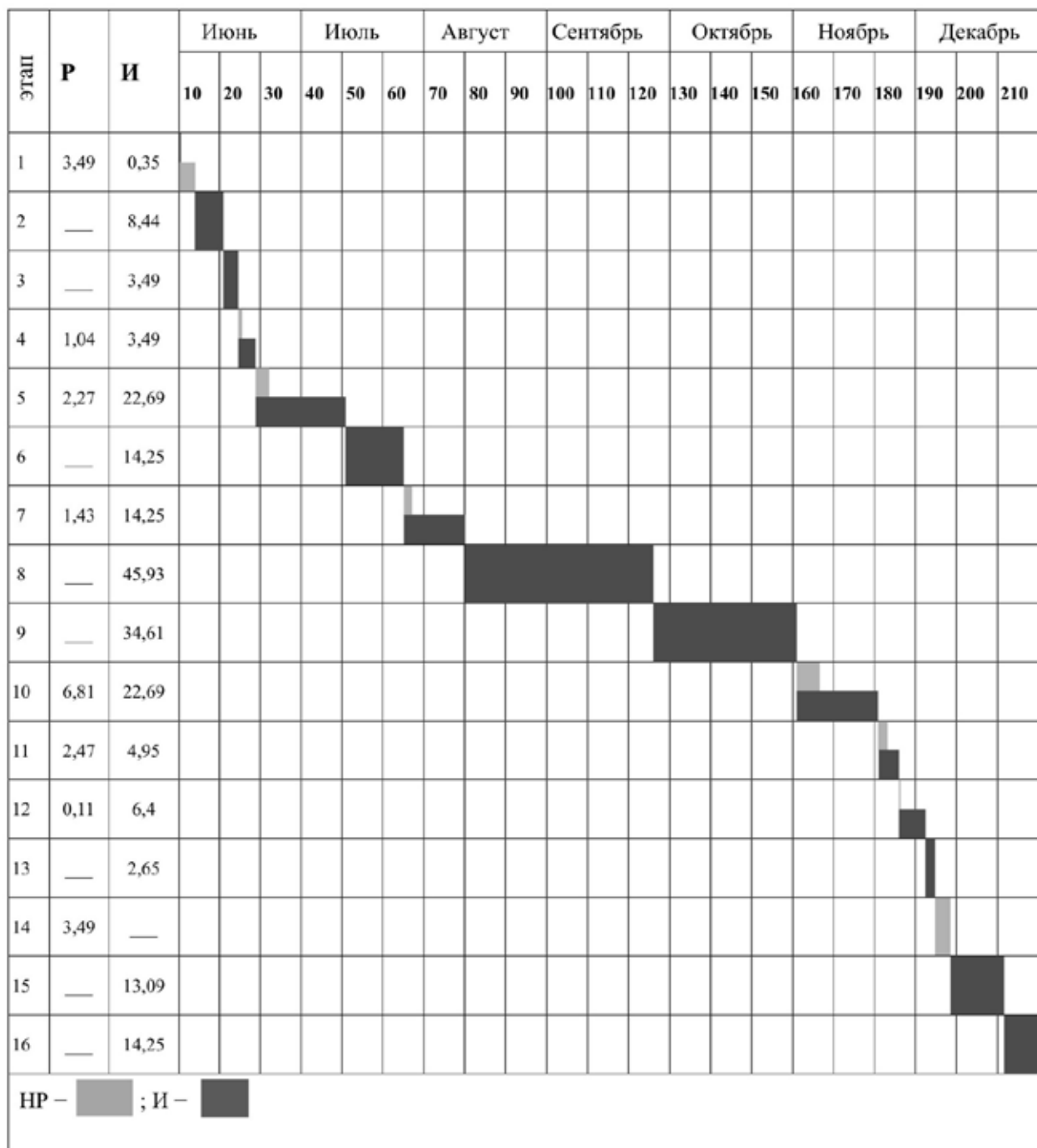
Виды работ		Продолж-ть работ, дни			Трудоёмкость работ чел./дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	в рабочих днях ТРД		в кален-ых днях ТКД	
					Р	И	Р	И
1. Составление ТЗ и утверждение требований проекта	Р, И	2	3	2,4	2,88	0,29	3,49	0,35
2. Поиск и анализ аналогов по морфологическим, эстетическим и эксплуатационным характеристикам	И	5	7	5,8	—	6,96	—	8,44
3. Оценка сценария использования браслета	И	2	3	2,4	—	2,88	—	3,49
4. Составление функциональных и конструктивных требований и требований технической эстетики	Р, И	2	3	2,4	0,86	2,88	1,04	3,49
5. Формирование эскизных предложений (конструкция, художественный образ, функциональные особенности)	Р, И	14	18	15,6	1,87	18,72	2,27	22,69
6. Моделирование 2х вариантов выбранных концепций	И	7	14	9,8	—	11,76	—	14,25
7. Уточнение формы окончательной	Р, И	7	14	9,8	1,18	11,76	1,43	14,25

концепции, принципа сборки и эксплуатационных особенностей (подготовка к техническому этапу)								
8. Художественно-конструкторская проработка корпуса и элементов	И	28	37	31,6	—	37,9	—	45,93
9. Компоновка изделия и уточнение габаритных размеров	И	21	28	23,8	—	28,56	—	34,61
10. Разработка сложных поверхностей с учётом технологии изготовления	Р, И	14	18	15,6	5,62	18,72	6,81	22,69
11. Выбор конструкционных и отделочных материалов	Р, И	3	4	3,4	2,04	4,08	2,47	4,95
12. Подготовка требуемой технической документации и моделей на прототипирование	Р, И	4	5	4,4	0,53	5,28	0,11	6,4
13. Физическое тестирование на эргономические и пользовательские параметры, выявление проблем	И	8	14	10,4	—	12,48	—	2,65
14. Экспертная оценка и анализ мнения заказчика	Р	2	3	2,4	2,88	—	3,49	—
15. Внесение изменение в окончательную модель (доработка сборки)	И	7	12	9	—	10,8	—	13,09
16. Составление письменного отчёта по проделанной работе	И	7	14	9,8	—	11,76	—	14,25
ИТОГО:		133	197	158,6	17,86	184,83	21,11	211,53

На основе таблицы 4.5 построен календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности.

Таблица 4.6 разбита по месяцам и декадам (10 дней). Данное разбиение позволяет более точно изобразить и определить временные границы протяжённости периодов работы.

Таблица 4.6 Календарный план-график проведения проекта



4.3.3 Расчёт накопления готовности проекта

Оценка текущих результатов работы над проектом позволяет проанализировать объём работы для каждого из этапов. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объём работ по проекту в целом.

Для формулы 4.6 введены следующие обозначения:

- $TR_{общ}$ – общая трудоемкость проекта;
- TR_i (TR_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, ;
- TR_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;
- TR_{ij} (TR_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь i – индекс исполнителя, в данном случае $m = 2$.

$$CG_i = \frac{TR_i^H}{TR_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i TR_k}{TR_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TR_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TR_{km}} \quad (4.6)$$

Величины TR_{ij} (TR_{kj}) взяты из таблицы 4.5, столбец «трудоемкость» в календарных днях, отдельно для руководителя и исполнителя. $TR_{общ.}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. На основе этих данных произведён расчёт TR_i (%) и CG_i (%), представленный в таблице 4.7.

Таблица 4.7 Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	TR_i , %	CG_i , %
1. Составление ТЗ и утверждение требований проекта	1,65	1,65
2. Поиск и анализ аналогов по морфологическим, эстетическим и эксплуатационным характеристикам	3,63	5,28
3. Оценка сценария использования браслета	1,5	6,78
4. Составление функциональных и конструктивных требований и требований технической эстетики	1,95	8,73
5. Формирование эскизных предложений (конструкция, художественный образ, функциональные особенности)	10,73	19,46
6. Моделирование 2х вариантов выбранных концепций	6,14	25,6
7. Уточнение формы окончательной концепции, принципа сборки и эксплуатационных особенностей (подготовка к техническому этапу)	6,74	32,34
8. Художественно-конструкторская проработка корпуса и элементов	19,74	52,08
9. Компоновка изделия и уточнение габаритных размеров	14,88	66,96
10. Разработка сложных поверхностей с учётом технологии изготовления	12,68	79,64
11. Выбор конструкционных и отделочных материалов	3,19	82,83

12. Подготовка требуемой технической документации и моделей на прототипирование	2,8	85,63
13. Физическое тестирование на эргономические и пользовательские параметры, выявление проблем	1,14	86,77
14. Экспертная оценка и анализ мнения заказчика	1,5	88,27
15. Внесение изменение в окончательную модель (доработка сборки)	5,63	93,9
16. Составление письменного отчёта по проделанной работе	6,1	100

4.4. Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

4.4.1 Расчет затрат на амортизацию оборудования

Необходимым оборудованием является персональный компьютер, на котором выполняется разработка дизайн-проекта УЛПАК «Химия в школе». Расчёт амортизации за время выполнения проекта производится по формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A * C_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_d}, \quad (4.7)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» персональный компьютер относится к электронно-вычислительной техники сроком использования свыше 2 до 3-х лет включительно (2 , 3 года). На основании этих данных,

можно задать сроки амортизации оборудования как 2,5 (СА). N_A - величина обратная СА, соответственно $1:2,5=0,4$. 1 – количество оборудования.

Чтобы рассчитать F_d , следует количество рабочих дней в 2015 году (298 дней при шестидневной рабочей недели) умножить на количество часов рабочего дня - 8. Соответственно $F_d = 298 * 8 = 2384$ часа.

Стоимость ПК ASUS N751JK 63800 руб. фактическое время использования находится: Раб.час* $T_{рд}$ исп-ль (таблица 1.5), получаем $8*185=1480$ часов. Соответственно для него $C_{ам} = (0,4*63800*1480*1)/2384 =$
15842,53 руб.

4.4.2 Расчет затрат на потребляемую компьютером электроэнергию

Затраты на потребляемую электроэнергию компьютером рассчитывалась по формуле 4.8:

$$C_{эл} = W_y \times T_g \times S_{эл}, \quad (4.8)$$

где W_y – установленная мощность потребляемая оборудованием, кВт (0,35 кВт);

T_g – время работы оборудования, час:

$$T_g = T_{рд} * K_t, \quad (4.9)$$

$K_t \in 1$ – коэффициент использования оборудования по времени (примерно 0,8), равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд} = 1480$ часов. Следовательно время работы оборудования $T_g = 1480 * 0,8 = 1184$ часа.

$S_{эл}$ – тариф на электроэнергию для ТПУ ЦЭ = 5,257 руб./кВт·час (с НДС).

Затраты на потребляемую электроэнергию составляют $C_{эл} = 0,35 * 1184 * 5,257 =$
2 178,5 руб.

4.4.3 Расчет материальных затрат

Данная статья включает расходы на приобретение и доставку основных и вспомогательных материалов, необходимых для выполнения проекта. Сюда включается стоимость материалов необходимых для оформления требуемого демонстрационного сопровождения и документации для проекта (планшеты, канцелярские товары, диски и т.д.).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \times \sum_{i=1}^m C_i \times N_{расxi}, \quad (4.10)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Расходы приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 Стоимость материалов для разработки проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Диск	штук	2	15	30
Работа в Internet	часов	70	38	2660
Печать пояснительной записки	страниц	125	2,5	313
Печать планшетов формата А0	штук	2	1340	2680
Печать альбома формата А3	страниц	15	10	150
Бумага А4	упаковка	1	200	200
3D-печать окончательной модели	штук	70 гр.	Цена за грамм 18 р	1260
Итого:				7 293

Допустим, что ТЗР (транспортно-заготовительные расходы) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $S_{мат} = 4510 * 1,05 = \underline{7\ 657,7}$ руб.

4.4.4 Затраты на заработную плату участником проекта

Затраты по заработной плате за выполненную работу исчисляются на основании тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятой в организации системой оплаты труда. При этом учитываются премии, надбавки и доплаты за условия труда, оплата ежегодных отпусков, выплата районного коэффициента и некоторые другие расходы. Отчисления на социальные нужды учитывают перечисления организации - разработчику во внебюджетные фонды (отчисления в федеральный бюджет, фонды обязательного медицинского и социального страхования).

Расчет основной заработной платы

Оклады взяты по новой системе оплаты труда с индексацией 5,5% с 01.10.2013 г. *Оклад дизайнера (инженер НС 5) – 12 582,56 руб., оклад руководителя (профессор ППС 4) – 28 042,87 руб.*

Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p, \quad (4.11)$$

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

T_p – продолжительность работ (затраты труда), выполняемых работником, раб. дн. Трудоемкость для каждого исполнителя определена в таблице 1.5.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d}, \quad (4.12)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дн. В 2015 году при шестидневной рабочей недели 298 рабочих дней. Соответственно в одном месяце 24,83 дней.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} \quad (4.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$ (при пятидневной рабочей недели); $K_{\text{доп}} = 1,3$. $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = \underline{1,62}$. При шестидневной рабочей недели $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, соответственно $K_{\text{доп}} = \underline{1,699}$

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 1,699 \cdot 20\,329,02 = 34\,539,005 \text{ руб.};$$

Расчет дополнительной заработной платы дизайнера:

$$Z_{\text{доп}} = 1,62 \cdot 93\,748,75 = 151\,872,975 \text{ руб.};$$

Общая сумма затрат по дополнительной заработной плате составляет 63 334,21 руб.

Произведение трудоемкости на сумму дневной заработной платы определяет затраты по зарплате для каждого работника на все время разработки. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 Затраты на заработную плату

	Оклад (руб./мес.)	Средне- дневная ставка (руб./раб. день.)	Трудое- м- кость, раб. дн.	Основная заработная плата (руб.)	Кэф-т доп. зарп- ты	Дополнител- ная зар-та	Фонд з/платы, руб.
Р	28 042,87	1129,39	18	20 329,02	1,699	5 209,985	34 539,005
И	12 582,56	506,75	185	93 748,75	1,62	58 124,225	151 872,975
Итого:							<u>186 411,98</u>

Расчёт затрат на единый социальный налог

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{страх.вып.}} = (k_{\text{соц.}}) \times (3П_{\text{осн}} + 3П_{\text{дон}}), \quad (4.14)$$

$k_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий социальные выплаты организации.

$k_{\text{соц}} = 0,3$. На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Рассчитаем величину отчислений во внебюджетные фонды руководителя:

$$Z_{\text{страх.вып.}} = 0,3 \cdot 34\,539,005 = 10\,361,7 \text{ руб};$$

Рассчитаем величину отчислений во внебюджетные фонды дизайнера:

$$Z_{\text{страх.вып.}} = 0,3 \cdot 151\,872,975 = 45\,561,89 \text{ руб};$$

Общая сумма отчислений на единый социальный налог составляет

55 923,59 руб.

4.4.5 Расчёт общей стоимости дизайн-проекта

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1, 5) \times k_{\text{нр}}, \quad (4.15)$$

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

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. За коэффициент накладных расходов было взято 10 %.

$$Z_{\text{накл}} = 268014,3 \times 0,1 = 26801,43 \quad (4.16)$$

В таблице 4.10 приведена смета затрат на разработку дизайн-проекта браслета «Спинор-Эйр» с указанием суммы затрат по отдельным видам статей расходов.

Таблица 4.10 Смета затрат на разработку дизайн-проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты на амортизацию	15 842,53	Пункт 1.4.1
2. Затраты на электроэнергию	2 178,5	Пункт 1.4.2
3. Материалы и покупные изделия	7 657,7	Пункт 1.4.3
4. Фонд заработной платы	186 411,98	Пункт 1.4.4.1
5. Отчисления в социальные фонды	55 923,59	Пункт 1.4.4.2
6. Накладные расходы	26801,43	Пункт 1.4.5
Итого:	294 815,73	

Таким образом, затраты на разработку составили $C = \underline{294\ 815,73}$ руб.

4.4.6 Цена разработки дизайна браслета «Спинор-Эйр»

Цена равна сумме полной себестоимости разработки, в которую включается налог на добавленную стоимость (НДС) и прибыль.

Прибыль от реализации проекта в зависимости от множества факторов: масштаба и характера получаемого результата, степени его определенности и коммерциализации, специфики целевого сегмента рынка и т.д. Всеми данными исполнитель на момент реализации дизайн-проекта не обладал. Поэтому можно лишь предположить общие финансовые затраты на художественное конструирование, которое является частью проекта «Спинор-Эйр». Расчёт условной прибыли следует принять в размере $6\ ,\ 20\ \%$ от полной себестоимости проекта. В данном проекте она составляет $\underline{58\ 963,146}$ руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(294\ 815,73 + 58\ 963,146) * 0,18 = 353\ 778,876 * 0,18 = \underline{63\ 680,1977}$ руб. Соответственно общая цена дизайн-разработки следующая:

$$C_{\text{кр}} = 294\ 815,73 + 58\ 963,146 + 63\ 680,1977 = \underline{417\ 459,074} \text{ руб.}$$

4.5 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение

обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как затраты на разработку проекта являются долгосрочным вложением средств ООО «Спинор» в собственное предприятие, то следует говорить об экономической эффективности инвестиций с целью получения определенного результата в будущем. Определить точные сроки окупаемости инвестиций ООО «Спинор» невозможно, так как исполнитель не имеет данных о перспективах развития проекта.

Так как есть информация о стоимости дизайн-проекта вариантов браслета, выпущенные ранее ООО «Спинор», можно провести сравнительную оценку затрат, сопоставив проекты на единицу потребительской полезности (дизайн критерии).

Также будет проведена оценка НИР всей диссертационной работы и определён интегрированный показатель *научно-технического уровня*.

4.5.2 Сравнительная эффективность проекта «Спинор-Эйр»

Определение эффективности проходила на основе расчета интегрального показателя стоимости проекта и дизайн-критериев. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: сравнительной финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Рассчитана стоимость проведённого дизайн-проекта и известна стоимость дизайн-проектов для первого и второго варианта браслета (старые продукты), компании ООО «Спинор» (рисунок 4.1 – по центру, справа), на основе этих данных определён интегральный показатель финансовой эффективности. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта дизайн-проекта;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения дизайн-проекта.

Таким образом, проведён расчёт в рублях:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = 417\,459/500\,000 = 0,84 \text{ (таблица 4.10, рисунок 4.1 - слева)}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = 525\,760/500\,000 = 1,05 \text{ (рисунок 4.1 – по центру)}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = 345\,450/500\,000 = 0,69 \text{ (рисунок 4.1 – справа)}$$

Полученная величина интегрального финансового показателя отражает соответствующее численное увеличение стоимости проекта в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости проекта в размах (значение меньше единицы, но больше нуля). В данном случае все расчёты показывают, что проекты были дешевле максимальной стоимости.

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \mathring{a} a_i \Phi_i, \quad (4.18)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения. Наиболее весомые дизайн-параметры взяты из таблицы 4.3.

Таблица 4.11 - Сравнительная оценка дизайнерских характеристик объекта

Критерии	Весовой коэффициент дизайн-параметра	Новый вариант дизайна прибора (Пр-1 фирменная разработка) Рис. 4.1 - слева	Вариант 1 (Пр-2 старый дизайн) рис. 4.1 – по центру	Вариант 2 (Пр-3 старый дизайн) рис. 4.1 – справа
1. Компактность	0,25	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	4

3. Эргономичность и мобильность	0,15	5	5	5
4. Внешний дизайн	0,25	5	4	4
5. Надёжность	0,20	5	5	4
ИТОГО	1	24	23	20

Расчёт интегрированного показателя ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 5*0,25 + 4*0,15 + 5*0,15 + 5*0,25 + 5*0,2 = 4,85;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,25 + 5*0,15 + 5*0,15 + 4*0,25 + 5*0,2 = 4,5;$$

$$I_{p-исп3} = 3*0,25 + 4*0,15 + 5*0,15 + 4*0,25 + 4*0,2 = 3,9.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (4.19)$$

Таким образом, имеем:

$$I_{исп_1} = 4,85/0,84 = 5,77$$

$$I_{исп_2} = 4,5/1,05 = 4,29$$

$$I_{исп_3} = 3,9/0,69 = 5,65$$

В данном случае сравнение интегрального показателя эффективности происходило относительно каждого дизайн-продукта. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (4.20)$$

Все конечные данные по расчётам сведены в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 Сравнительная эффективность дизайн-разработки

№ п/п	Показатели	Пр-1	Пр-2	Пр-3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	1,05	0,69
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,5	3,9
3	<u>Интегральный показатель эффективности</u>	5,77	4,29	5,65
4	Сравнительная эффективность дизайн-проекта	1,35; 1,02	0,74; 0,76	0,98; 1,32

Если $0 < I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} < 1$, то можно говорить об удешевлении стоимости дизайн-разработки. Новая дизайн-разработка находится в средней ценовой категории с высоким уровнем ресурсоэффективности, по сравнению с другими проектами. Поэтому интегрированный показатель новой разработки выше, чем у проекта 2,-3. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что новый дизайн проект выгоднее, чем проведённые ранее проекты.

4.5.3 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияния научно-исследовательской работы и проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в области «Промышленный дизайн». Определение научно-технического уровня будет проходить на основе метода определения интегрального показателя, который рассчитывается на основе бальных оценок (в нашем случае по 10-й шкале) каждого параметра, аналогично способу, указанному в главе 4.5.2. (формула 4.18).

Таблица 4.13 Баллы и весовые коэффициенты признаков НТУ

Признаки научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака	Весовой коэффициент	Баллы
1. Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	00,4	
1.1 Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, метод		8 – 10
1.2 Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее, полученные результаты		5 – 7
1.3 Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами		2 – 4
1.4 Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен		0
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	00,1	
2.1 Высокий	Установка закона, разработка новой теории		10
2.2 Достаточно высокий	Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений		8
2.3 Средний	Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)		6
2.4 Ниже среднего	Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)		2
2.5 Низкий	Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений		0,5
3 Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	00,5	
3.1 Краткосрочная	В течение первых лет		10
3.2 Среднесрочная	От 5 до 10 лет		4
3.3 Долгосрочная	Свыше 10 лет		2

Так как все частные признаки научно-технического уровня оцениваются по 10-балльной шкале, а сумма весов R_i равна единице, то величина интегрального показателя также принадлежит интервалу $[0, 10]$.

Таблица 4.14 Оценки научно-технического уровня НИР

К	Фактор НТУ	Уровень фактора	Оценка	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	7	Разрабатывается новая методика в дизайне, доказывається его состоятельность на основе практического применения. На основе метода «виртуальное тестирование» разрабатывается среда для апробации моделей дизайн-объекта.
0,1	Теоретический уровень	Достаточно высокий	8	По-новому классифицируется и разъясняется методология дизайн-проектирования. Производится введение новых терминов, уточняются базовые принципы художественно-конструкторской деятельности.
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Виртуальная среда (как инструмент тестирования дизайн-решения) будет доработана в первых два года.

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня диссертации составляет: $I_{нту} = 0,4 \cdot 7 + 0,1 \cdot 8 + 0,5 \cdot 10 = 8,6$

Определение соответствия качественного уровней НИР на основе полученного показателя, проходило по следующей системе: *низкий* – 1-4; *средний* – 4-7; *высокий* – 8-10. Исходя из этого следует, что научно-технический уровень диссертации высокий.

Таким образом диссертационная работа имеет как практическую новизну в качестве дизайн-проекта и разработки виртуальной среды для тестирования, так и теоретическую – в качестве разработки новой методики в области промышленного дизайна. На основе рассмотренных экономических и маркетинговых аспектов проекта, следует сделать вывод:

- дизайн-проект был реализован с задержкой на месяц, относительно запланированного срока;
- новый дизайн имеет ряд конкретных преимуществ перед аналогами;
- проведённый дизайн-проект имеет среднюю экономическую эффективность;
- диссертационная работа имеет высокий научно-технический уровень.

Глава 5. Социальная ответственность

5.1 Анализ нормативных требований к дизайну медицинского браслета «Спинор-Эйр»

Объектом проектирования данной работы является конструкция медицинского браслет «Спинор - Эйр», разработанный томской компанией ООО «Спинор Кристалл». Аппарат является источником низкоинтенсивного фонового излучения (менее 10 мкВт/м.кв) и электромагнитных волн крайневыхочастотного (КВЧ) диапазона. Действие аппарат основано на КВЧ терапии – воздействии биорезонансных импульсов на клетки человеческого тела.

Прибор может быть использован при восстановлении различных нарушений здоровья (стрессы, заболевания нервной системы и т.п). Для устранения последний воздействия электромагнитных волн (сотовые, радиотелефоны, СВЧ-печи, линии электропередач и т.д). Браслет предназначен для индивидуального использования в повседневных условиях.

В техническом задании на разработку дизайн-проекта браслета предъявляются *гигиенические и санитарные требования* к материалу.

На основе анализа руководства по эксплуатации предшествующего варианта прибора, предложены дополнения следующих пунктов [54]:

- меры безопасности при использовании аппарата и требования к эксплуатации корпуса;
- требования экологической безопасности при утилизации прибора.

5.1.1 Гигиенические и санитарные требования к материалу браслета

Браслет выполнен из медицинского силикона (чистый термопластический эластомер) и АБС-пластика (ударопрочная техническая *термопластическая смола* на основе *сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом*), типы которых определены в соответствии с Санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требования к товарам, подлежащим надзору - материалы для

изделий, контактирующие с кожей человека [58]. Ниже представлена таблица показаний выделения веществ пластиков и силиконов в водных и воздушных средах.

Таблица 5.1 Санитарно-эпидемиологические требования

Материалы	Наименование вещества	Водная среда, (мг/дм ³ , не более)	Воздушная среда, (мг/м ³ , не более)
Полиорганосилансы (силиконы)	Формальдегид	----	0,003
	Ацетальдегид	0,2	0,01
	Спирт метиловый	3,0	0,5
Полиуретановые	Этиленгликоль	1,0	1,0
	Ацетальдегид	0,2	0,01
Полиамидные	Капролактамы	1,0	0,06

Браслет может использоваться в лечебно-профилактических учреждениях где к материалу также предъявляются требования СанПиН 2.3.7./1.1.1286-03 [59]. На основе данного документа произведено наличие или отсутствие указанных материалов в их допустимом значении (допустимые количества миграции - ДКМ). Для резины и силиконов: иона цинка – не более 1,0 мг/л, стирол – 0,1 мг/л, бензол – 0,01 мг/л, формальдегид - 0,1 мг/л.

В таблице 5.2 представлена информация о материалах, которые могут быть использованы в конструкции браслета.

Таблица 5.2 Свойства материалов и стандартизация их применения

Материал	Марка	Свойства	Стандартизация
Полиамид (пластик) Вредные вещества содержание которых подложить контролю в воздухе при переработке: - аммиак - гексаметилендиамин - капролактамы - капрон (аэрозоль) - углерода оксид (класс пожарной опасности 4) [60].	610	Используют в конструкционных деталях, которые работают при повышенных нагрузках, температуре и влажности. Антиаллергенен в нормальных условиях.	Литьевой полиамид 610 при температуре до 300°C нетоксичен и не оказывает вредного влияния на организм человека. Выше 300°C-разлагается с выделением окиси углерода, аммиака, углекислого газа. Предельно допустимая концентрация аммиака 20 мг/м.куб, предельно допустимая концентрация окиси углерода 20 мг/м.куб [61].
	66-1	Рекомендуется для точного литья. Устойчив к автомобильному топливу, смазкам, углеводородам, нефтяным продуктам. Отличается высокой текучестью. Применяется в авиапромышленности, в бытовой продукции и мебели. Не токсичен без модификаторов и наполнителей в нормальных условиях.	
АБС-пластик.	2020-	Пластик с антистатическими	При нагревании свыше

Полиакрилаты или сополимеры содержат вредные вещества, содержание которых подложить контролю в воздухе при переработке: - акрилат - акрилонитрил - водород цианистый - метилакрилат - метилметакрилат - углерод оксида (класс пожарной опасности 4) [60].	60	свойствами для деталей. Применяется машиностроения и ТНП. Обладает повышенной термо- и светостойкостью, разрешен Госкомсанэпиднадзором России для контакта с пищевыми продуктами.	220 °С происходит выделение в воздух паров стирола, акрилонитрила, цианистого водорода и оксида углерода. Температура воспламенения 285 – 370 °С (по Гост 12.1.044-89 – горючее вещество).
	0809М	Ударопрочный с повышенной теплостойкостью для изготовления конструкционных и декоративных деталей и изделий технического назначения.	Растворяется в сложных эфирах, кетонах, 1,2-дихлорэтане, ацетоне [62].
Чистый (белый) термопластический эластомер [63]. Полимеры кремнийорганические содержат вредные вещества, которые подложат контролю в воздухе при переработке: - бензол - спирт метиловый - углерода оксид - формальдегид - диоксид кремния (класс пожарной опасности 4) [60].	Acrulon Rubber BA-12	Широко используется в медицине, текстильной промышленности. Устойчив к погодным условиям, к разным видам спиртам и щелочам, не разрушается под действием ультрафиолета. Температура плавления зависит от условий получения полимерных связей. Для силиконовых резин характерен срок эксплуатации 120 °С от 10 -20 лет.	При горении выделяет белую сажу (диоксид кремния). Температура плавления от 240 °С до 350 °С.

Полиамиды по сравнению с полиакрилатами впитывают больше жидкости (от 0.9 до 1 мг на м³), соответственно передача нежелательных вредных веществ (таблица 5.1), возрастает при использовании прибора в медицинских условиях. АБС-пластик 0809, хоть и имеет хорошие физические свойства, но может содержать высокий уровень бензола и стирола (60-80 %). Соответственно наиболее приемлемый вариант пластика для браслета является марка 2020-60, который чаще всего применяется в медицине, имеет антисептические свойства и пониженное содержание акрилонитрила (5-10 %), 10-25% бутадиена, 30-45 % бензола и стирола [64].

АБС-пластики марки 2020 подвергается вторичной переработки методом экструзии [65]. Деструкция АБС-пластика ведет к образованию продуктов, характерных для каждого из трех мономеров (сополимера акрилонитрила, бутадиен и стирол). Разложение происходит при температурах свыше 300 °С, причем основными летучими продуктами являются углеводороды. Выше 350 °С - акрилонитриловый компонент дает выход аммиака и синеродистого водорода. Также образуется некоторое количество каждого мономера (преимущественно стирола), а также более крупные фрагменты цепей.

Чистый (белый) термопластический эластомер – силиконовая резина - химически инертный продукт без неприятного запаха и вкуса, не токсичен. Структуры силиконовых резин в химическом соотношении постоянна, они не содержат ни органических стабилизаторов, ни пластификаторов, ни добавок. Чистая химия «белого» эластомера позволяет широко его использовать в производстве медицинских изделий и изделий, контактирующих с пищевыми продуктами.


Силикон подвержены вторичной переработки на основе горячей вулканизации [65]. В отличие от резин на основе каучуков общего назначения силиконы не содержат серу и, при проведении второй стадии вулканизации, не выделяют ядовитых летучих веществ, которые могли бы при контакте с другими материалами оставлять следы на поверхностях.

5.1.2 Указания мер безопасности при использовании аппарата и требования к эксплуатации корпуса

Аппарат является изделием с внутренним источником питания на основе аккумуляторной батареи в виде литиевой таблетки LIR1220-LBY2, напряжение: 3.6 В, ёмкость: 0.012 Ач. Зарядка производится через USB-порт 2.0 (тип В) от источника напряжения 220 В. По защите от опасности поражения электрическим током, относиться к изделию типа ВF по ГОСТ Р 50267.0.2 [66].

Корпус платы нельзя погружать в воду и щелочные растворы эксплуатировать без защитного ремешка (силиконовой формы). Дезинфекцию

аппарата следует проводить салфеткой фланели (марли, ваты) слегка смоченной этиловым спиртом либо другими средствами, разрешёнными Росздравнадзором. Аппарат может эксплуатироваться при температуре окружающей среды от +10 °С до +40 °С и относительной влажности не более 80 % при +25 °С в соответствии с [66].

Аппарат является источником низкоинтенсивного КВЧ-излучения для выполнения терапевтического воздействия на точки тела человека. В аппарат встроен излучатель с широкополосным шумовым спектром излучения диода Ганна, частота импульсов $9 \pm 1,8$ Гц, что соответствует электромагнитной совместимости (ЭМС) класса Б группы 1 согласно [66]. Аппарат не приводит к нарушению функционирования расположенного вблизи электронного оборудования и имеет маркировку в виде знака неионизирующей радиации в соответствии с МЭК 60417 (графический символ 5140 ). При работе устройства запрещается смотреть на корпус платы со стороны излучения во избежание нежелательных физиологических эффектов на сетчатку глаза.

Аппарат подлежит утилизации в специально предназначенный для радиоэлектронной аппаратуры контейнер.

5. 2 Анализ рабочего места при проектировании браслета

Необходимым оборудованием является персональный компьютер, на котором выполняется разработка дизайна медицинского браслета «Спинор-Эйр». Соответственно объектом является рабочее место пользователя ЭВМ. В него входит рабочий стол, офисное кресло и персональный компьютер (ПК) Ноутбук ASUS N751JK. Место проведения работы - корпус ТПУ КЦ (Советская 84/3), аудитория 318 (учебная аудитория).

Охрана здоровья трудящихся, обеспечивается безопасностью условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма. На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства, в нашем

случае это: метеоусловия (отклонение показателей микроклимата); освещенность рабочей зоны; производственный шум; электромагнитное поле; электробезопасность [67].

Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами.

5.2.1 Техносферная безопасность

При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей (диапазон радиочастот: ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др. в соответствии с [68].

Окраска и коэффициенты отражения

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения.

Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

Следовательно, в указанном месте работы отделка помещения выполнена в серо-белых цветах, спокойных тонах. Так как окно помещения выходит на север, стены выкрашены в светло-жёлтый цвет [69]. Пол в данном случае серый - поглощавший избыточное отражение от других поверхностях. В таблице 5.3 проведено сравнение поверхностей аудитории на коэффициент отражения по нормам [70]. КО определён на основе тона поверхности.

Таблица 5.3 Коэффициент отражения поверхностей аудитории

Поверхность помещения	Норма [5]	Коэффициент отражения (КО) поверхностей учебной аудитории 318
Потолок	60-70%	Примерно 50%
Стены	40-50%	50-60%
Пол	30%	20%
Мебель	30-40%	20-30%

В данном случае потолок и стены одинакового коэффициента отражения, что не соответствует нормам (потолок должен быть светлее чем стены). Рекомендуется выполнить потолок белого цвета с коэффициентов отражения приблизительно 70%, так как его высота превышает 2.5 метра по указаниям в [6]. Соответственно КО пола, мебели и потолка удовлетворяет представленным нормам.

Освещение

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда не удастся обеспечить нормированные значения коэффициента естественного освещения (пасмурная погода, короткий световой день). Освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным, называется совмещенным освещением.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным. Общее - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования. Комбинированное - освещение, при котором к общему добавляется местное освещение [71].

Согласно СНиП 23-05-95 в помещений вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения [72].

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной

работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно [71].

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 ЛК, а комбинированная – 750 ЛК; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300 ЛК соответственно [73].

В аудитории располагаются шесть люминесцентных ламп типа G-13, мощностью 18 Ватт. Примерно на 1 Ватт соответствует 80 ЛК (люкс). Следовательно мощность светового потока приблизительно 1440 ЛК (18 Ватт * 80 ЛК). Разделив на площадь помещения 15 кв.м, получили среднюю мощность светового потока аудитории, который равен 576 ЛК. Данное значение превышает норму в 300 ЛК, но с учётом выхода окон на северную сторону (слабое естественное освещение), данный уровень приемлем.

Кроме того, все поле зрения пользователя ЭВМ освещено достаточно равномерно – что удовлетворяет основному гигиеническому требованию [73]. Степень освещения помещения и яркость экрана компьютера примерно одинаковые. В ином случае яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

Микроклимат

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в

зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения. Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше $19,5\text{м}^3/\text{человека}$ с учетом максимального числа одновременно работающих в смену [74].

Сравнение данных на нормы подачи свежего воздуха в аудитории 318, где расположены компьютеры, приведены в таблице 5.4. Примерные значения влажности получены на основе гигрометра.

Таблица 5.4 Параметры микроклимата в аудитории 318

Период года	Параметр микроклимата	Величина [74].	Величина в аудитории 318
Холодный	Температура воздуха в помещении	22-24°C	25-28 °C
	Относительная влажность	40-60%	25-30%
	Скорость движения воздуха	до 0,1м/с	
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25°C	24-32 °C
	Относительная влажность	40-60%	30-45%
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2м/с	

В аудитории восемь рабочих мест, восемь компьютеров, на каждого человека предоставляется приблизительно два метра пространства, соответственно объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, $\text{м}^3/\text{на одного человека в час}$ должен быть не менее 30 [74]. Для обеспечения нормы микроклимата, используются организационные методы – проветривание каждые два часа и технические средства - кондиционирование воздуха [75].

Шум и вибрация

Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие

интенсивного шума (выше 80 дБ) на слух человека приводит к его частичной или полной потере [76].

В таблице 5.5 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности.

Таблица 5.5 Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах.

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75
II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

Уровень шума на рабочем месте пользователя не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА [74]. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы [77].

Следует отметить, что максимальный шум современного компьютера не превышает 45 дБА. Можно говорить о соблюдении норм в выбранной аудитории, так как по степени громкости всех работающих ПК, не превосходит уровня 50 дБА.

Электромагнитное и ионизирующее излучения

Требования СанПиН 2.2.2.542-96 рассчитаны на вычислительную технику 90-х годов. Сегодня не используются мониторы с электронно-лучевыми трубками (ЭЛТ). Распространены ЖК-экраны и плазменные панели, которые не излучают ионизирующее и электромагнитное излучения от поверхности экрана и не имеют частоты мерцания экрана. Соответственно электромагнитные показатели могут считываться с системного блока.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10мкбэр/ч (мощность эффективной дозы гамма-излучения), а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100мВт/м² [72].

Допустимое значение напряженности магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от системного блока не превышает 10 В/м. Допустимое значение напряженности электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от системного блока не превышает 0,3 ВА/м [75].

5.2.2 Региональная безопасность

Загрязнения окружающей среды делятся на физические, в которые входят вибрации, шумы, различные виды излучения и т.д. и химические: токсичные газы, пары, ионы тяжелых металлов, углекислый газ.

В нашем случае серьезные воздействия на атмосферу и гидросферу отсутствуют.

Негативное воздействие на окружающую среду, в частности на литосферу, возможно только в случае утилизации вышедших из строя частей ПК. Вышедшие из строя ПК и оргтехника относятся к IV классу опасности и подлежат специальной утилизации: вывозу и переработке [79].

В ходе деятельности проектирования возникает необходимость утилизировать бумажные отходы, люминесцентные лампы и использованные картриджи от принтеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и картриджи, люминесцентные лампы должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

Нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при использовании их для различных хозяйственных целей, устанавливаются применительно к отдельным категориям водопользования в СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения [79].

В нашем случае работа над проектом относится к I категории: использование водного объекта в качестве источника централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Бытовые сточные воды помещения, в котором реализовывалась работа по выполнению ВКР, образуются при эксплуатации туалетов, а также при мытье полов и т.п. Организация, занимающая данное помещение, не отвечает за качество сточных вод и отправляет их на городскую станцию очистки.

5.2.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Главными элементами рабочего места дизайнера являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя [80].

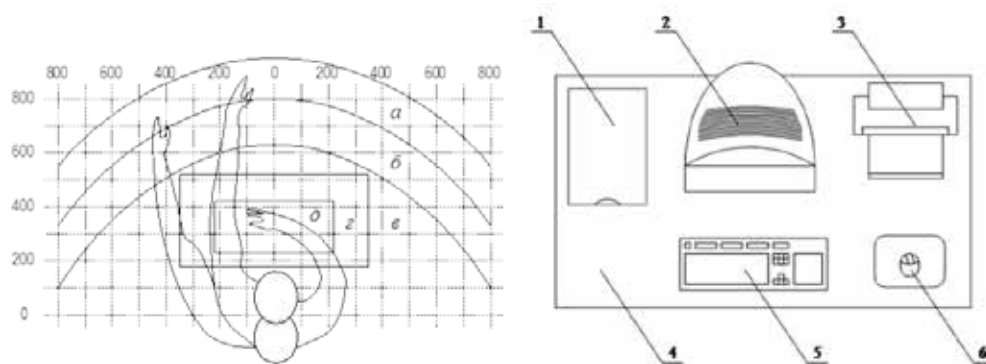


Рисунок 5.1 Зоны досягаемости рук (слева). Размещение основных элементов ПК (справа)

а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона лёгкой досягаемости; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще, должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Всё что реже – в зоне досягаемости пальцев при вытянутой руке.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости: *дисплей* размещается в зоне **а** (в центре); *системный блок* размещается в предусмотренной нише стола; *клавиатура* - в зоне **г-д**; *мышь* - в зоне **в** справа; *сканер* в зоне **а/б** (слева); *принтер* находится в зоне **а** (справа).

На рисунке 5.1 (справа) показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста [81].

1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола,
5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПК, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 плюс-минус 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах плюс-минус 30 градусов;

- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 плюс-минус 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60-80 см, то высота знака должна быть не менее 3мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15 [82].

Местное освещение не должно создавать блики на поверхности экрана дисплея. Недопустим яркий нерассеянный верхний свет (с потолка). Сдерживать поток избыточного света от окон следует с помощью жалюзи или тканевых штор;

При длительной работе за компьютером и нахождения в помещении следует проветривать помещения и делать технический перерыв.

В трудовом законодательстве такой технологический перерыв не предусмотрен. Но в Типовой инструкции по охране труда при работе с компьютерами №Р-45-084-01 указано, что такой перерыв предусмотрен, если работа с компьютером занимает более 50% рабочего времени. В зависимости от загруженности и сложности работы положено от 10-15 минут через каждые час-два в зависимости от рабочей группы. Проветривание помещения также производится в технический перерыв, когда в помещении отсутствует персонал.

5.2.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Возможно установление неполных рабочих дней для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет) [83]. Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени. Ограничений продолжительности ежегодного основного оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других трудовых прав при этом не имеется.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены на один час. К работе в ночные смены не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы – одиночки детей до пяти лет [83].

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с посменного согласия работника.

Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд.

5.2.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные чрезвычайную ситуацию можно выделить пожар и стихийные явления. Для того чтобы предотвратить возникновения ЧС по причине человеческого фактора, следует соблюдать технику безопасности при работе за ЭВМ. Если ЧС произошла, следует придерживаться требований безопасности в аварийных ситуациях.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. При возникновении аварийной ситуации на рабочем месте работающий с персональным компьютером обязан работу прекратить, отключить электроэнергию, сообщить руководителю и принять меры к ликвидации создавшейся ситуации.

2. В случае возникновения пожара отключить компьютер от электросети, вызвать пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения.

3. При получении травм или внезапном заболевании устранить воздействие повреждающих факторов, угрожающих жизни и здоровью пострадавших, организовать первую доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь, сохранить, по возможности, обстановку на месте происшествия, сообщить о случившемся руководителю [70].

Пожар

Аудитория 318 по пожарной безопасности относится к категории В - пожароопасное, в нём находятся твёрдые сгораемые материалы и вещества. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников. Класс помещения по пожарной опасности относится к П-Па, так как в этом помещении идет обработка информации с помощью ЭВМ [84].

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

Здание соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации (Рисунок 1.5.1), порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу. Для тушения токоведущих частей и электроустановок огнетушитель ОУ-2.

Параметры огнетушителя: объем - 2 л; масса заряда - 1 кг; выход заряда - 8 сек; огнетушащая способность - 13В (0,40); габариты - 315*220*220 мм; масса с зарядом - 4,5 кг.

Углекислотные огнетушители предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000В, жидких и газообразных веществ (класс В, С).

Огнетушители не предназначены для тушения загораний веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.

Рекомендуется периодически проверять массу заряда - не реже одного раза в два года. Суммарная масса огнетушителя определяется прибавлением к ней массы CO₂, указанной на этикетке или в паспорте. Необходимо проводить перезарядку и переосвидетельствование баллона через 5 лет. Диапазон рабочих температур от от -40°С до +50°С [84,86].

На рисунке 5.2 представлен план эвакуации при пожаре и других ЧС.

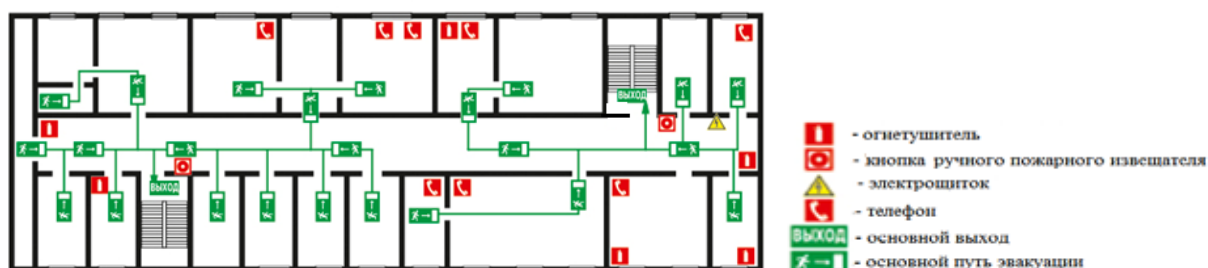


Рисунок 5.2 План эвакуации людей при пожаре и других ЧС
(первый этаж)

На каждом этаже здания размещаться по два переносных огнетушителя. Огнетушители располагаться на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м [85]. Первые средства пожаротушения в коридорах, не препятствуют препятствовать безопасной эвакуации людей.

Природные явления

Так как природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в городе Томск отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того чтобы работа на производстве не прекратилась. Масляные обогреватели нагреваются до температуры 110-150 градусов, поэтому довольно быстро способны отопить помещение. Некоторые модели масляных радиаторов наделены вентилятором, с помощью которого теплый воздух быстрее распространяется по всему помещению. Масляный обогреватель с термостатом, можно не выключать. Обогреватель будет самостоятельно отключаться, когда температура поднимется до заданной. То есть на время отсутствия сотрудников можно выставить на термостате температуру 10-15 градусов, и не бояться, что они замерзнут, придя на работу. Главное, учитывать, что суммарная мощность обогревателей была меньше электрической мощности источника их питания. А также желательно наличие дополнительного автоматического выключателя в распределительном щите для защиты от перегрузок.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий.

Эффективный способ защиты – это эвакуация людей в безопасное место. Получив сообщение о наличии бомбы в здании, необходимо сообщить об этом в правоохранительные органы и начать эвакуацию, не допуская паники, истерик и спешки. Помещение покидается организовано. Возвращаться на рабочие места возможно только после разрешения ответственных лиц.

В настоящее время телефон является основным каналом поступления сообщений, содержащих информацию о заложенных взрывных устройствах, о захвате людей в заложники, вымогательстве и шантаже.

Значительную помощь правоохрательным органам при проведении оперативно-розыскных мероприятий по данным фактам окажут следующие действия предупредительного характера:

- проведение инструктажей персонала о порядке действий при приеме телефонных сообщений с угрозами террористического характера;
- оснащение телефонов объекта, указанных в официальных справочниках, автоматическими определителями номера (АОН) и звукозаписывающей аппаратурой;
- наличие охраны в здании.

Должностные лица раз в полгода проводят действия по отработке действий на случай экстренной эвакуации. Чтобы не допустить паники, следует проводить эвакуацию под видом тренировки по гражданской обороне, сократив до минимума количество лиц, знающих об истинной причине проводимых мероприятий [86].

Заключение

Результат магистерской диссертации имеет методическую и практическую новизну:

На уровне дополнения:

- в методологию дизайн-проектирования *рекомендовано внедрить* метод тестирования дизайн-решения, на основании проведённых теоритических, методический и практических исследований;

- *обосновано* применение виртуального и физического тестирования в дизайн-проектировании в качестве методик контроля эргономических параметров дизайн-решения;

- *введены* новые понятия в контексте дизайн-деятельности: тестирование в промышленном дизайне; контроль эргономических параметров.

- *дополнены* существующие термины: прототип; макет; эргономические параметры и свойства.

На уровне конкретизации:

- *обоснована* необходимость научно-исследовательского подхода в дизайн-деятельности, на основе выявленных проблем реализации процесса проектирования, неточностей методологического и понятийного аппарата дисциплины;

- *уточнены* принципы использования и понятия методов и приёмов в процессе дизайн-проектирования.

На уровне разработки:

- *разработан* дизайн-продукт – медицинский браслет «Спинор-Эйр», с новыми эстетическими, функциональными и конструктивными качествами;

- *реализована* функционирующая виртуальная среда и система взаимодействия объектов для тестирования медицинского браслета на базе программного пакета *Blender*.

- *составлен* методический аппарат (цели, задачи, последовательность действия, принцип использования и т.п) контроля дизайн-решения, на основе проведения виртуального и физического тестирования.

На уровне апробации:

- дизайн наручного электронного устройства «Спинор-Эйр» *реализован* в качестве рабочего опытного образца;

- результаты дизайн-проекта в полной мере *внедрены* в производственный процесс ООО «Монета», дизайн-проект является частью проекта компании «Спинор» г. Томск;

- на примере дизайн-проекта «Спинор-Эйр» *реализована* методика физического и виртуального тестирования дизайн-решения;

- разработанная виртуальная среда и система взаимодействия объектов *апробирована* на модели браслета «Спинор-Эйр».

Контроль и корректировка параметров дизайн-решения на этапах разработки дизайн-продукта могут осуществляться только *при планировании и стратегическом подходе* процесса проектирования, так как испытания требуют временных и материальных ресурсов. *Виртуальное тестирование хоть и не требует материальных затрат, но также как и физическое тестирование, занимает достаточно много времени на реализацию, которое в большей степени уходит на создание инструментов тестирования. Проблема отсутствия инструментов и методик реализации испытаний в дизайне, была решена только для конкретного проекта браслета «Спинор-Эйр», на основе комплексной исследовательской работы. Общая задача создания методик и инструментов для осуществления контроля и корректировки решений, в методологии дизайн-проектирования остаётся актуальной.*

Разработка методик и инструментов тестирования в дизайне, является задачей научного-исследования. Во многом создание системы испытаний является отдельной проектной деятельностью, в дизайн-проектировании она может рассматриваться как один из этапов создания изделия. Проектирование

системы испытаний имеет свою специфику в подходах и методах, что является отдельной темой для исследования.

Некоторые методические и практические разработки диссертационной работы, такие как принцип проведения виртуального и физического тестирования, систему взаимодействия объектов и виртуальную сцену, *можно использовать и для других проектов*, в зависимости от задач и целей испытаний которым они удовлетворяют. Разработанные методики тестирования в первую очередь является инструментом проведения исследования дизайн-объекта, на основе их результатов могут быть предприняты не только решения конструктивного, функционального и эстетического характера, но и решения стратегические, связанные с изменением хода дизайн-проектирования. В этом плане, испытания, косвенно позволяют контролировать процесс проектирования, т.е. *тестирование влияет на управление проектной ситуацией*.

Виртуальное тестирование в отличие от физического позволяет проводить апробацию объекта на основе не материального объекта - модели, что позволяет применять данную методику *на любом этапе проектирования*. Появляется возможность *наглядно демонстрировать результаты эксперимента, визуально подтверждать проведённые исследования и обосновывать принятие решений* на ранних стадиях проектирования. По сравнению с физическим тестированием, проведение и реализация виртуального тестирования эргономических параметров требует

На основе испытаний физического и виртуального тестирования были проведены изменения дизайн-решения браслета. Виртуальное тестирование позволило провести сравнительные испытания эргономических параметров прототипа и нового конструктивного решения: способ застёгивания браслета стал удобнее, ремешок стал лучше прилегать и сгибаться на руке. Исходя из этого можно заключить, что *виртуальное тестирование позволило повысить качество промышленного дизайн-продукта*.

Таким образом, *гипотеза* применения виртуального тестирования доказана по следующим пунктам:

- *позволяет сократить* материальные затраты;
- *повышает качество* промышленного дизайн-объекта;
- *способствует* управлению процессом проектирования и корректировке дизайн-решения;
- *позволяет проводить* апробацию дизайн-решения до реализации её на практике;
- *даёт возможность* обосновывать и демонстрировать дизайн-решения.

Следует заключить, что основная цель диссертационной работы выполнена, поставленные задачи реализованы, гипотезы доказаны.

Список используемых источников

1. Официальный сайт Международной организации промышленных дизайнеров - ICSID [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.icsid.org> (2016).
2. Популярная художественная энциклопедия. Под ред. Полевого В.М.; М.: Издательство "Советская энциклопедия", 1986.
3. Дизайн: иллюстрированный словарь-справочник/ Г.Б. Минервин, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов и др. - М.: Архитектура - С, 2004. - 288 с.
4. М.С. Кухта. Промышленный дизайн: учебник/ М.С. Кухта, В.И. Куманин, М.Л. Соколова и др; под ред. И.В. Голубятникова, М.С. Кухты; - Томск.: Томский политехнический университет, 2013. – 312 с.
5. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учеб. для вузов/ С.А. Васин, А.Ю.Талашук, В.Г. Бандорин и др.; под ред. С.А.Васина, А.Ю.Талашука. – М.: Машиностроение-1, 2004 – 692 с.
6. Михеева М.М. Дизайн-исследования: методическое указание по курсу «Проектирование и моделирование промышленных изделий» - М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 г. – 85 с.
7. Archer, V. Design as a Discipline / V. Archer // Design Studies. 1979. Vol. 1, No. 1. - P. 17-20.
8. Саймон Герберт. Науки об искусственном: пер. с англ. / Э.Л. Наппельбаума.: под. ред. Э.В. Поповой, В.И.Аршинова и др. - Изд. 2-е. – М.: Единаториал УРСС, 2004. – 144 с.
9. Bayazit, N. Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research / Bayazit, N // Design Issues. Massachusetts Institute of Technology. - 2004.- Vol.1, No 20, pp. 16-29.
10. Дж. К. Джонс. Методы проектирования. пер. с англ. / Т.П. Бурмистровой, И.В. Фриденберга и др.; под ред. В.Ф. Венды, В.М. Минипова. – 2-е изд., доп.-М.:Мир, 1986. – 326 с.

11. Техническая спецификация аккумуляторной таблетки LIR1220-LBY2 компании ЕЕВВ [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.kosmodrom.com.ua/pdf/LIR1220-LBY2.pdf> (2015).

12. Техническая спецификация Micro-USB 2.0 компании TE-Connectivity [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.te.com/usa-en/product-2174507-2.html> (2015).

13. Техническая спецификация тактильного переключателя В3U SMT компании Omron [Электронный ресурс] режим доступа - <https://www.omron.com/ecb/products/pdf/en-b3u.pdf> (2015).

14. Техническая спецификация светодиодной лампы КАА-3528ESGS компании Kingbright Electronic [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.kingbright.com> (2015).

15. Орлов П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 1. Изд. 2-е. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. - 623 с.

16. Теоретические и методологические исследования в дизайне: научный отчет по теме 0047(1). Избранные материалы. Часть 1. Труды ВНИИТЭ. Техн. эстетика. Вып. 61. М., 1990.

17. Техническая эстетика и основы художественного конструирования: учеб. лит/ П. Е. Шпара, И. П. Шпара., 3-е перераб. и доп. – Киев.: Высшая школа, 1989. – 243 с.

18. Rittel, H. Second-Generation Design Methods, in *Developments in Design Methodology*/ Rittel. H, Cross. N // John Wiley & Sons, UK, pp. 317-327.

19. Donald, L. Schon. *The Reflective Practitioner: How professionals think in action*. London: Temple Smith, - 1983. – p. 374.

20. Виктор Папанёк. *Дизайн для реального мира: пер. с англ. / Г.В. Северской.*; под ред. Л. Монаховой, Д. Аронова и др. – М: Издатель Д. Аронов, 2004. – 416 с.

21. Норман Д.А. *Дизайн вещей будущего: пер. с англ. / М. Коробчкин, Голубоская М и др.* - М.: Strelka Press, 2013. — 224 с.

22. Bayazit, N. Interrelations among Theory, Research, and Practice, Design Methods and Theories / Bayazit, N // Architectural design. Massachusetts Institute of Technology. – 1979. – Vol.13, No 3,4, pp. 20-35.
23. Папковская П. Я. Методология научных исследований для высшей школы: курс лекций. – Мн.: Информпресс, 2002. -176 с.
24. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования; под ред. Т.В. Новикова. – М.: Либроком. -280 с.
25. ГОСТЬ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
26. Шейнбаум В.С. Методология инженерной деятельности: уч. пос. – Н.Новгород.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2007. – 360 с.
27. Глинский, Б.А. Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ) / Б.А. Глинский, Б.С. Грязнов, Б.С. Дынин, Е.П. Никитин. – Минск: Изд-во МиГУ, 1965. – 248 с.
28. Штофф В.А. Проблемы методологии научного познания: монография; под ред. В.И. Гронда. – М.: Выс. Школа, 1978. – 269 с.
29. Nagel, C. Designerly Ways of Knowing / Nagel, C. // International Research in Design. Springer-Verlag London Limited. – 2006. – p. 105
30. Рунге В.Ф, Ю.П. Манусевич. Эргономика в дизайне среды: учебное издание; под ред. И.В. Паповой. – М.: Архитектура-С, 2005. – с 328.
31. Official site International Ergonomics Association [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.iea.cc/whats/index.html> (2016).
32. Вудсон, У., Кновер, Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов: пер. с англ. / А.М. Пашутина; под ред. В.Ф. Венды. – М.: Мир, 1968. – 518 с.
33. Боровков, А.И. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие / и др. - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2012. - 93 с.
34. Дональд, А.Н. Дизайн привычных вещей / Дональд А.Норман; пер. с англ. Б.Л. Глушака. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 245 с.

35. Официальный сайт программного продукта *Marvelous Designer* [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.marvelousdesigner.com> (2016).

36. Официальный сайт программного продукта *Autodesk Heliu*s [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.autodesk.com/products/helius-composite> (2016).

37. Официальный сайт программного продукта *Autodesk Flow Design* [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.autodesk.com/products/flow-design> (2016).

38. Малютин В.М. Компьютерное моделирование физических явлений: Учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 152 с.

39. Программирование игр: физика [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.gamedev.ru/terms/PhysicsEngine> (2016).

40. Bourg, David M. *Physic for Game Developers* / Nagel, C., Denn, R. // O'Reilly & Associates. – 2002. – p. 350.

41. Официальный сайт компании *Unity Technologies* (программный продукт *Unity3D*) [Электронный ресурс] режим доступа - <http://unity3d.com> (2016).

42. Официальный сайт программного продукта - *Crystal Space 3D* [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.crystalspace3d.org> (2016).

43. Официальный сайт компании *Criterion Games* (программный продукт *RenderWare*) [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.renderware.com> (2016).

44. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 430 с.

45. Конференция САПР2000, посвящённая использованию САД/САЕ/САМ-технологий [Электронный ресурс] режим доступа - <http://fsapr2000.ru/> (2015).

46. Официальный сайт программного пакета Autodesk Simulation [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.autodesk.ru/products/simulation> (2016).

47. Официальный сайт программного пакета SolidWorks Simulation [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.solidworks.com/sw/products/simulation> (2016).

48. Официальный сайт программного пакета Simulia [Электронный ресурс] режим доступа - <http://www.3ds.com/products-services/simulia> (2016).

49. Blender user manual [Электронный ресурс] режим доступа - <https://www.blender.org/manual> (2016).

50. Русскоязычный форум Blender [Электронный ресурс] режим доступа - <http://b3d.org.ua/> (2016).

51. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерской диссертации для всех специальностей ИК ТПУ / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

52. Аппарат КВЧ-ИК терапии «Триомед-Компакт» производство ООО «Триомед» [Электронный ресурс] режим доступа - <http://biotrem.ru/triomed-kompakt> (2016).

53. Аппарат КВЧ-ИК терапии «КВЧ-терминал» производства ООО «Символ» совместно с ЗАО «НПО Космического приборостроения» [Электронный ресурс] режим доступа - <https://www.milta-f.ru/device/ehf-t> (2016).

54. Аппарат «СЕМ-ТЕСН» или «Спинор-БФ» производство ООО «Спинор» [Электронный ресурс] режим доступа - <http://spinor.ru/products/device/45> (2016).

55.

56. ГОСТ Р ИСО/ТС 10993-19-2009. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 19. Исследования физико-химических, морфологических и топографических свойств материалов.

57. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 10 ноября 2015 года).

58. СанПиН 2.4.7./1.1.1286-03 Глава II.Раздел 10.Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору. Материалы для изготовления изделий контактирующих с кожей человека.

59. СанПиН 2.4.7./1.1.1286-03 Глава II.Раздел 18. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору. Требования к изделиям медицинского назначения и медицинской технике.

60. ГОСТ 12.3.030-83 Система стандартов безопасности труда. Переработка пластических масс. Требования безопасности

61. ГОСТ 10589-87. Полиамид 610 литьевой. Технические условия.

62. ТУ 2214-019-00203521-96 Сополимеры акрилонитрилбутадиенстирольные АБС.

63. ГОСТ 24888-81 Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Химические наименования, термины и определения

64. НПП «Симплекс» АБС-пластик [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.simplexnn.ru> (Дата обращения 13.06.2016 г.).

65. ГОСТ Р 54533-2011 (ИСО 15270:2008) Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов.

66. ГОСТ Р 50267.0.2-2005 (МЭК 60601-1-2:2001) Изделия медицинские электрические. Часть 1-2. Общие требования безопасности. Электромагнитная совместимость. Требования и методы испытаний.

67. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

68. Мотузко Ф.Я. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 1989. – 336с.

69. Самгин Э.Б. Освещение рабочих мест. – М.: МИРЭА, 1989. – 186с.

70. Бизнес без опасности [Электронный ресурс] режим доступа: www.lukatsky.blogspot.ru (2016).

71. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

72. СанПиН РФ 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

73. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.

74. СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»

75. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

76. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 - 364с.

77. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

78. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. - 2008.

79. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.

80. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

81. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М.: МГУ, 1979. – 179с.

82. ГОСТ 50948-96 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.

83. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

84. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

85. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 - ФЗ. 2013.

86. Методические рекомендации "Организация тренировок по эвакуации персонала предприятий и учреждений при пожаре и иных чрезвычайных ситуациях" (утв. Главным государственным инспектором РФ по пожарному надзору 4 сентября 2007 г. N 1-4-60-10-19).

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Раздел магистерской диссертации на иностранном языке

Раздел 1

Анализ процесса художественного-конструирования
медицинского браслета «Спинор-Эйр»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

Консультант кафедры ИГПД

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шкляр Алексей Викторович			

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК

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

1 The analysis of the industrial design of medical bracelet Spinor Air

In the present chapter we provide an overview of the design development of medical bracelet "Spinor Air" and analyze of the design process results. We pay attention to the initial scheduling of project task implementation, issues arising at the stages of design solution development. Also, we give a general assessment of the methods and technologies used in design development of the medical bracelet.

The present chapter describes the works of Mikheeva M.M., Vasina S.A., L. Bruce Archer, J. Christopher Johnson and Herbert Simon. We analyze the specific character of research in design and methodical bases of design activity. We also pay attention to strategic and systemic approach of design engineering.

1.1 The analysis of design engineering methodology and research

The structure of measuring complex and stages of design engineering are determined by the customer technical specification and can be adjusted in production stages according to the requirements of final result. Most often detailing and returning to the earlier design stages take place at the stage of pre-design analysis and concept approval (industrial design analysis, sketching, project situation drafting). The present process is determined by detailing and narrowing the task area taking into account the choice of conceptual version of design solution for later moving to the technical design stage.

The detailing of technical specification often takes place at the stage of design study (collection and analyze of analogs, the disclosure of relations "person-object-environment", human-engineering based analysis). The need to adjust the technical project may occur at the time of approval of design models and technical documentation. In some cases, some object development procedures can be excluded from the process of industrial design at customer's option (if they do not eliminate the possibility of creating a product or concept), or according to the lack of necessity of their implementation (e.g. bionic shape analysis, identification of users' needs, testing the prototype, and etc.)

Different authors define the term "industrial design" in two meanings, as the scope of activities, and as a set of aesthetic and functional qualities of the industrial product. A common characteristic of industrial design is the "mass scale" of manufactured product within production cycle. Therefore, the practical object of activity is the design process, and the subject is the product under development.

In particular, the present understanding is found in the definition of "industrial design" in the article of the Great Soviet Encyclopedia [2]. This is a creative design activity aimed at development of the human object environment created by means of industrial production, which is achieved by putting functional and compositional relationships of object complexes and separate products, their aesthetic and operation characteristics into the unified system. The definition gives the overall essence of the industrial design activity and reveals the nature of activity through a process of "combining" the qualities of design object.

It also should be noted that the article is dedicated to complex approach in solving the design problems, which is implemented in co-operation with production specialists and engineers. Specialist relies on "the results of scientific research in various fields of science and technology, knowing modern industrial production, its technology and economy" [2]. On its own, the term "industrial design" defines interdisciplinary specific nature of professional work as a synthesis of engineering and artistic creativity

The industrial design methods conventionally are divided into "artistic", "engineering" and "scientific" [3].. This classification often corresponds to the particular stages of design engineering, and their use is characterized by the problems solved in the development process. For example, the artistic methods are mostly used at the concept stage, engineering methods are used at the stage of technical project development.

The artistic methods contain stylistic and compositional-and-expressive methods which are based on the procedure of object stylized design [4]. The levels of styles in design are divided by certain periods of culture development (antique style, Renaissance, Empire, etc.) and various trends in design (Art Nouveau, Classicism,

styling, etc.). There are also individual and corporate styles, having different characteristics of composite techniques and specific nature of figurative language.

As "engineering" methods we regard a set of requirements, under their implementation the object is viewed as a system that combines various elements. "Organization" of components and the object as a whole depends on the structure type, requirements of technological implementation and functional characteristics. Also at the stage of object design ergonomic, tectonic and bionic design principles can be used.

It should be noted that two *basic principles* form the basis of the geometric shape construction: crystal-morphism (definite edges, smooth planes) and biomorphism (smooth lines, amorphous shapes, no distinct angles), which are often used in combination with each other (Figure 1.1). The predominance of one or another type of shape construction is a characteristic feature of many styles and design trends. For example, such styles as constructivism and functionalism are characterized by distinct geometric shapes, while Art Nouveau and Shabby chic are characterized by a smooth "calm" decor.



Figure 1.1: The examples of types of shape construction (biomorphism, crystal-morphism and combined)

Design techniques used in idea generation, data collection and structuring of information are selective and applied at specialist discretion («custom-made techniques»). These techniques are generally multifunctional and used not only in design engineering, but also in other areas of activity. Below we present a few techniques used in idea generation:

- *Heuristic analogy (direct, subjective, symbolic, fantastic)*: based on the search and usage of similarities, analogy of objects and phenomena in animate and inanimate nature (etching and heuristic are distinguished);
- *Aggregation Technique*: the product is considered as a construction, dissected into separate units, the combination of which may perform one function or another in case of reaggregation;
- *Combinatorics*: it is reuse of design elements in different systems of new systems or reaggregated object, it is directly related to the unified mass production (affects function and image);
- *Heuristic inversion technique (design technique "by contradiction", "overturn" technique)*: It allows rethinking the structural and formal qualities of the object, to change the elements principle of the device without changing the basic functions of the object [5].

"Scientific" methods or methods of design research are defined as a set of techniques and methods of study and analysis of all aspects related to complete life cycle of the object, with an emphasis on user needs and problems [6]. The present definition is not entirely objective, as the design study are conducted not only on the basis of consumer opinion analysis and monitoring the relations "person-object-environment". Decision-making can be based on the results of research of object morphology, shape tectonics (identification of outer casing design dependence on the internal technical stuffing), the physical properties of virtual model, etc.

The technical engineer Leonard Bruce Archer worked at the Royal College of Art was one of the first who introduced the term "design research". In 1964, he became the first Professor of Design Research, having formed a group of researchers studying the problems of design and finding their solutions. He claimed the need for a scientific approach in design is as important as the need for the arts and humanitarian approach. According to him, the design deserves its own "body" of science and knowledge, not less than usual academic disciplines. He suggested a fundamental scientific design concept based on the study of objects by means of modeling, explaining the need for its application as follows: "As a quantitative thinking is the

basis of mathematics and literacy of human sciences, and "modeling" in design should be taught widely"[7].

Bruce Archer formulated the term *design research* as follows: "This is the systematic study, the aim of which is to obtain knowledge about the shape, structure, design, purpose, value and meaning of things and systems created by man" [7]. As the basic method of design research, he took the "systematic approach" developed in the 60s years, which later formed modern trend of *Design thinking*. This trend is based mainly on the study of complex systems in various areas, from the development of innovative products of social services and services to business planning and designing of complex economic systems.

Herbert Simon outlined the purpose of the design research is consideration, investigation and study of the object, artificially created by man, and the way these actions occur in academic disciplines or industrial organizations. According to him, all actions of design research can be defined as "scientific research of artificial" [8]. In his book *The Science Of The Artificial*, the author refers to modeling as a research tool, considering it as a *method* allowing to predict the system behavior and study its structure, and as a *kind of thought experiment*, never implemented in practice.

From this context, we can conclude that the implemented process or product is a kind of model, which was preceded by the research process of objects of cognition called modeling. The structure of design process can be divided into two conventional stages: the process of abstract and virtual modeling. The first process occurs in decision generation, the second one occurs in working with virtual objects (drawings, 3D models).

Figure 1.2 shows Bruce Archer's design scheme, stages of which can be correlated with the stages of the scientific research: problem definition, setting goals and objectives, data analysis and structuring, hypotheses formation and testing, and presentation of research results. The author highlights three main subjects of the design research: the project implementation process, design product and learning and perception system (realization of cognitive processes).

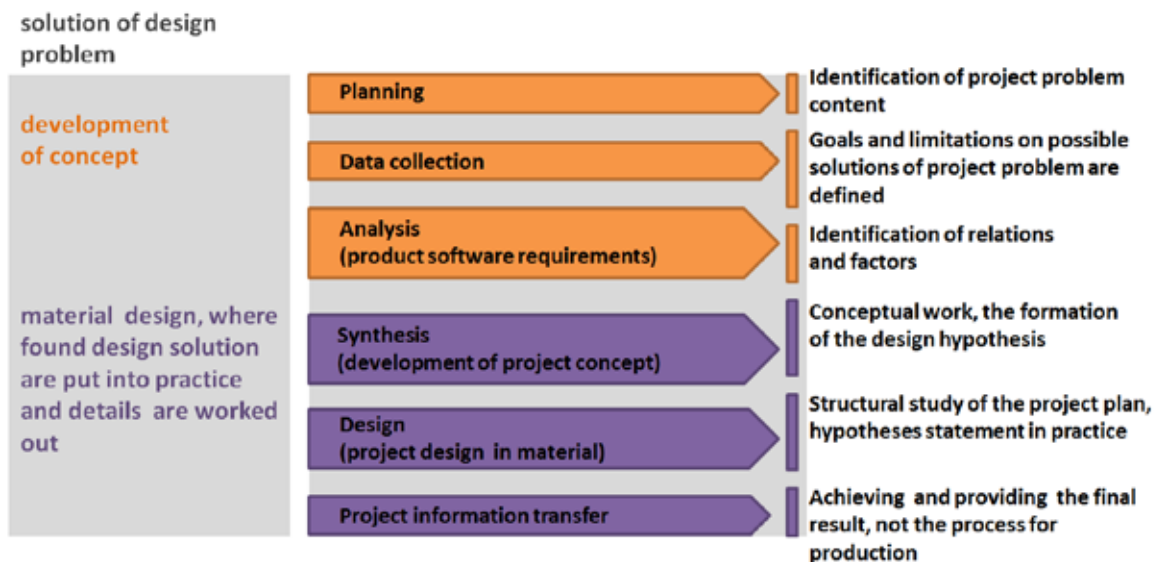


Figure 1.2 The stages of the design process according to Bruce Archer

Today, there are much more objects of design research. They are connected with the following processes:

- *objects physical implementation*, the way these products perform their functions;
- *"design" of specialists activity*, how designers work, what they think;
- *achieving results by goal-oriented project activity*, the manner the product is implemented and what is the meaning of its creation;
- *implementation of product configurations*, the principle of combining the object properties and creation of modular systems;
- systemic search and acquisition of knowledge related to the development of project activities [9].

It should be noted that in comparison with the above-mentioned trends, the research area of practical design is narrow, and in modern capitalist economy, it is reduced to market research and definition of customers' needs. The decisions concerning the development of new design products are made on the basis of demand and competitive advantages. In this case, we observe the "displacement" of the needs of scientific approach in design study and its "substitution" with known marketing tools. The present dependence is clearly visible in the education system of design specialties, where research and practical design approach is taken for the basic

principle of methodological apparatus, and the study is based on the analysis of design theory, observation and needs analysis, but not on any scientific approach.

Speaking from practical experience, it should be noted that the identification of the user needs and problems occurs mainly at the stage of pre-study, when the concept is formed, as well as at the final stage of product testing. Most of the time during the design process is spent on the technical design and prototype implementation, where the designer may face the task of research, experimental nature. For example, the studies of visual properties of materials and coatings with different surface structure, or the determination of structural and functional variations of combination elements of design object.

Many authors agree with the three-stage principle of separation of design process: analysis, synthesis and assessment (relevant to the stages of creative thinking). According to specialists of ARRITA the design process is formed by the following phases: design, research, criticism. E.N. Lazarev considers it is "brief sketch-idea-project" V.L. Glazychev considers it is a movement "from the function to the structure and shape."

Christopher Jones believes that "this distinction does not always form a united universal strategy, consisting of even more fractional steps. They possess more elementary nature, which are only categories that allow us to discuss a more "open ends" of modern design theories, at least at inaccurate descriptive level we cannot overcome subject to the current partial knowledge combined with partial unknowing" [10]. Taking into account what is said by the author, the objective of subdivision of the design process should involve the intention of structuring and organization of design process, which is impossible with primitive classification of complex processes.

The author defines the methods of design based on a strategic approach in design, presenting them in the form of events and actions that allow structuring the problem thereby finding the most optimal solution of design tasks. Christopher Jones observes the cyclical principle like "from the general to the special" of performed tasks, both in the implementation of object construction, and in overall project

strategy planning. "The presence of cyclicity assumes that the most important special tasks go unnoticed until at later stages of work, and when they are found, it requires the review of decisions underlying the project, or even a complete suspension of works" [10] - the author notes. *The reduction of cyclicity and increase of linearity is the objective of design engineering methodology.*

S.A. Vasin takes the three-stage thinking principle (analysis, synthesis and assessment) as a basis, thus explaining the "popularity" of the three-stage design model. For illustrative purpose, the author presents the chains of design procedures and the process of object grading, commenting on this example: "According to the nature of the formed object properties, the structure of the design process covers "functional, technological and morphological design", and the movement of design thinking follows the line: "Function (axiology, the social value of product) - structure (morphology) - and shape (composition). Thus, the design process integrity and effectiveness is provided with the agreed solution of various problems"(Figure 1.3) [5].

Such "unification" of the approach in design system can serve as general procedure in actions planning, but it cannot serve as an analysis method for complex systems. Operations with generalized structures of various types of difficulty based on the logic "module" are a crude simplification; their ratio is difficult to prove. Christopher Jones sees "cyclicity" of actions being in clarification of result that occurs when operations repeat, and he takes it as a basis for "module". According to him, a set of given modules (System of Operations) may be subjected to systematic analysis, which allows optimizing the design process.

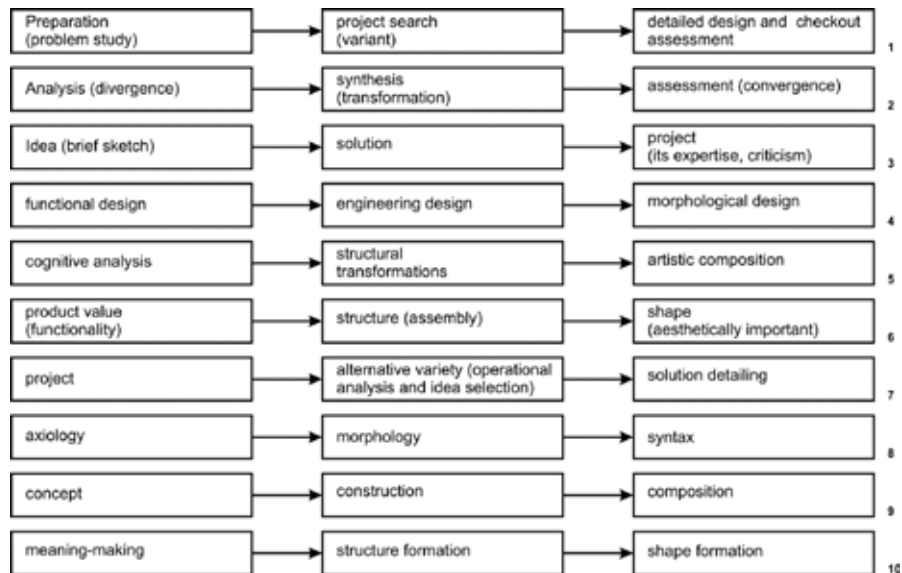


Figure 1.3 The chains of design procedures and the definitions of object categories based on the principle of thinking "analysis-synthesis-assessment"

In table 1.1 Mikheeva M.M. suggests basic stages of object development in accordance with activities to be performed at companies' production. The objectives set for designers and engineers at a particular stage of design development are clearly marked in the table. But in practice they do not always correspond to this classification. Often, the designer performs design work, bringing the individual concept to the prototype realization, in parallel carrying out joint consultations with engineers dealing with technical content and technologists preparing the shape for production.

Table 1.1 Stages of design development in relation to other design processes

	<i>Planning</i>	<i>Research</i>	<i>Concept</i>	<i>Project</i>	<i>Testing and further development</i>	<i>Product release</i>
<i>Marketing</i>	Market conditions Market segmentation	Competitors	Competitors	Pricing Marketing plan	Advertising strategy	Advertising campaign
<i>Design</i>	Technical specification	Needs identification	Product idea	Shaping Material selection Design project	Consumer testing Adjustment	Author's supervision
<i>Engineering</i>	Innovation technology assessment	Technical requirements elicitation	Assessment of ideas implementation	Designing Documentation development	Technical quality testing and adjustment	Prototype testing
<i>Manufacturing</i>	Manufacturability assessment	Manufacturing limitations	Feasibility and compatibility assessment	Determination of engineering processes	Preparation for the production	Production startup

The detailed diagram of the industrial product design is presented in Appendix C, it shows that styling design is the closing process of the conceptual stage. Creation of CAD-assembly (computer-aided design), development of drafts and other documentation take place at technical stage where the designer continues to design object. At this stage, constant detailing of general shape, element system, their compounds and fixings is conducted. At the same time the ideas of structural and functional character founded in conceptual design, can be adjusted and modified according to the requirements of technological implementation. That being said, the structure presented in Table 1.1, is not exact.

Thus, the study of the design engineering process is the main object of design study based on the structuring of tasks and operations to achieve the project objectives. The development of the methodology of design problem solution is the basis of a strategic approach in examination of both design object and procedures determined during work planning. We should mark the properties of design process:

- *cyclical nature*. It arises at different levels of the product development process, in the form of repetitive operations specification, review and change of decision or tasks;

- *modularity*. It is an opportunity to decompose different levels of designing into a series of interconnected "unit of operations" (modules);

- *systematization*. It is a set of interrelated processes making an integrity of all levels and sub-levels of designing;

- *effectiveness*. It is a degree of project objectives achievement, as part of the overall process;

The design implementation tools:

- *modeling* is a study and structuring of objects of cognition , design objects, design processes, action script, situations, etc. based on the subject (researcher), the object of study;

- *systematic approach* is a consideration of design process, as an integrated set of interrelated elements and their relations based on the principles of structuring, hierarchy, interdependence and etc.;

- *strategic approach* is a definite sequence of actions based on goals and objectives of design and design research, characterized by a degree of planning.

If design method allows to solve problems, it can be described as a point strategy in the context of entire design process. A schematic diagram of strategy types and their management are presented in Appendix D. The use of adaptive strategies and increment strategies is aimed to provide a certain degree of changing the schemes of finding solutions. They serve to assess strategies in whole in accordance with the criteria and intermediate results of implementation of the strategy itself. These strategies are often combined within design process and are not found openly, they should be used until they solve design problems.

1. 2 Overview of the design development of medical bracelet "Spinor Air"

The medical bracelet model Air of Spinor series is a device that emits electromagnetic waves of extremely high frequency of 30 - 300 GHz (EHF). It is based on the action of electromagnetic radiation of millimeter-wave of non-thermal intensity and creates bio-resonance effect. It is a wrist electronic device intended to keep up health and increase capacities of human body. It should meet the following requirements:

- Technical requirements 9444-002-28833138-2009 implemented for hand portable device of EHF-IR therapy with interchangeable emitters.
- The technical requirements drawn up in accordance with the requirements and wishes of the customer (Appendix E).

Application specifications of the device:

- daily wearing of the device on the wrist;
- use in person's customary conditions;
- device fixation on the backside of the wrist;
- close contact with skin on the wrist (blood flow effect).

The requirements for the functional characteristics of the medical bracelet:

- it should have the construction reliably protected from dust and moisture;

- it should have a light indicator and control button on the front part of the body;
- the construction should allow to remove the battery for replacement and maintenance;
- electromagnetic transmitter should be fixed securely on the backside of the wrist;
- the bracelet should be equipped with elements providing fixation on wrist of different arm span;
- the bracelet should be reduced in size (compared to the current latest version) by means of revision of the battery circuit.

The plan of industrial design is defined on the basis of implementation stages of the concept idea and engineering design. The detailed presentation of stages and results of design of medical bracelet is given in the approved plan (Appendix F), whose general structure is confined to the following stages:

1. Pre-study (TS analysis, industrial design analysis, design situation assessment).
2. The project concept formation (development of draft offer, including the visual image, functional qualities of the object, morphological and technological features, etc.).
3. Art and Design project (detailed engineering study of the selected concept including the shape and layout elements of a product).
4. Engineering design (detailed study of the external shape taking into account the technological implementation).

The main problems to be solved in design project:

a) analytical and conceptual problems:

- 1) search for and analysis of prototypes;
- 2) concept definition;
- 3) sketching and selection of the most successful variant.

b) practical problems:

- 1) rendering of three-dimensional models of the complex;

- 2) visual modeling object presentation;
 - 3) performance of analytical overall design diagrams;
 - 4) the creation of a prototype under three-dimensional models.
- c) additional and general tasks (made in accordance with the project situation):
- 1) carrying out visual image analysis;
 - 2) topological shape analysis;
 - 3) definition of operational scenario;
 - 4) ergonomic analysis.

1.2.1 Analysis of project situation

The "Spinor Air" device in the form of a bracelet is available in two versions. The design of each is worked in accordance with practical and technical requirements of portable electronic device (Figure 1.4). At this point the device performs its basic function conditioned by its preventive action. The bracelet design does not carry any other purpose or functional characteristics. The customer is interested least of all in parameters not directly affecting the performance of the main function.



Figure 1.4 The existing versions of bracelet "Spinor Air"

A common device version in the market is the second variant with a silicone strap form where the circuit body is placed. The bracelet is fixed by means of metal fastener, the circuit body being down, that is inconvenient for user when using the device. For the most part, the use of similar forms (watches, decorative bracelets and etc.) provides wearing the object backward. Also a part of the bracelet with circuit body is rather large relative to the wrist circumference. It is caused not only by the size of the circuit body, but also by the thickness of silicone walls. Taking into account the daily wearing of this device on the wrist in this way, it should be assumed

that it can cause systemic inconvenience, for example, when working at table (Figure 1.5).

The unusual wrist bend and additional height of the form with the hand support on a hard surface can prevent from normal operation. There is additional pressure on the circuit body with hand support in writing, which should be considered when placing control elements, such as a button, to prevent unauthorized operation of the device. It should also be noted that a snug fit of a wide strap to the arm skin, without air circulation may cause sweating of the skin at the place of silicone material contact with skin.

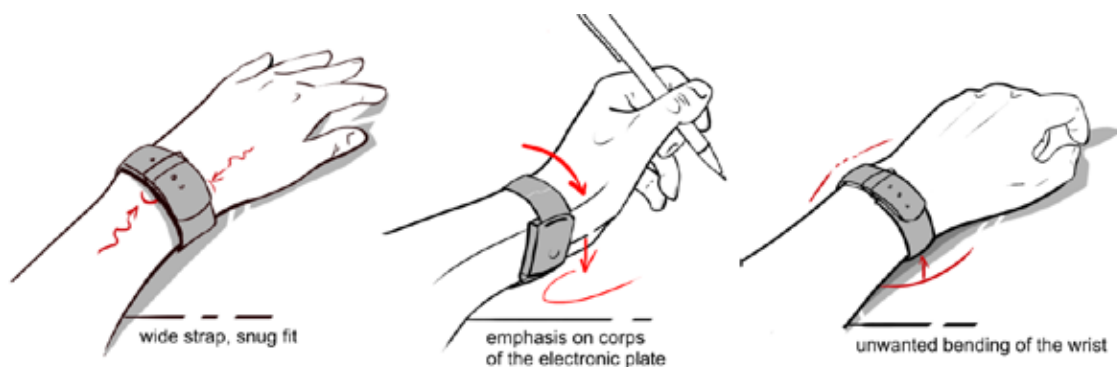


Figure 1.5 The scenario of working at table

The first version of the device made in the form of bracelet has developed design of the circuit body, but the shape of the body is not justified, as well as an attempt to fix it on the wrist with elastic strap. This version also includes notes concerning the convenience of everyday wearing of medical bracelet, mentioned above.

The following parameters should be changed when designing the new strap:

- to reduce the height of the circuit body in comparison with the current version of the device;
- to reduce the width of the strap along its entire length, to make the transition from the body to the strap area smoother;
- to consider wearing a bracelet on the inner side of wrist, to work out the sensor contact area with the blood flow;
- to move control elements to the side of the body to prevent inadvertent operation;

- to provide the elements for easy one-handed fastening;
- to provide additional perforation holes on the strap;
- to provide the ability to change the strap.

There is no direct technical analogue to medical bracelet "Spinor Air". However, there is quite a wide market of electronic gadgets, implemented in the form of bracelets: "Fitbits» (fitness bracelet / tracker), «smart bracelets». Designed for people with active lifestyle to achieve physical activity goals. The gadget allows information exchange between devices and a headset; to monitor and record the parameters of the physical activity of the wearer; It provides control of some functions in your mobile phone; to activate the application, etc.

In this case, the outer design device is of interest, so we should consider analogues in terms of aesthetic, morphological and operational features, taking into account the identified shortcomings of design versions of medical bracelet "Spinor Air", available on the market today (Appendix G).

Having considered the analogues we did not find bracelets, which could solve the problem with wearing the basic module on the inner side of the wrist. In the above mentioned versions, the fastener is not a decorative element. Accordingly, the solution of this problem is a challenge to developed device design. It should also be noted that there is a trend to miniaturization among the analogues, conditioned by the comfort to wear gadget on the hand. Also gadget design tends to modern trends of shaping styles, such as: Hi-Tech and Biotech,

The one-piece structure of the strap and the circuit body module is most common for bracelets, which can be used under water. In case of the removable module moisture and dust protection is most often performed by the silicone strap shape is specified.

1.2.2 Draft versions and concept definition

A detailed plan for the implementation of the stage called "concept definition" is presented in Appendix H.

Development of concept variants took place in two stages. In the first stage bracelets drafts made by hand were proposed, they show the appearance of the object, its structural and functional characteristics (Appendix J). Three most successful solutions were selected. (Appendix K, L, J - variant 4) The choice first of all is conditioned by the customer view and design features of the shape. The shape was evaluated taking into account the technological complexity of its implementation, comfort and usability of bracelet elements.

The concept 1 (Appendix K) defines the third variant of device design, which consists of three main elements: silicone strap; circuit module inserted into the silicon form of the strap; fastener, which carries two main functions: strap fastener and the circuit body module. The fastener (component) is a suspension, in the presence of the inserted body module. In the case when the element is used on a strap as a fixer, and worn on the wrist outside, it performs the function of a decorative component. On its own, the shape of the strap is fairly homogeneous, and has no complex structural elements. Proposed material: aluminum and silicon.

In Concept 2 (Appendix L) a modular version of bracelet design is considered. In this case, the bracelet consists of a circuit module, fixing elements and two parts of the strap. The fixing element connects the strap and the circuit module into the whole structure by screws or fasteners. The circuit module has a symmetric structure of elongated parallelepiped, with transparent plastic lens under an indicator at one end and the silicone plug, closing USB-port at another end. The structure has a complex shape, based on the arrangement of elements into the whole object that does not justify the principle of shape construction by any user or combinatorial functions. The surface of the strap can be decorated with relief pattern. Materials: silicone, plastic and metal.

Concept 3 (Appendix J - version 4) was a design similar to the device version available in the market (Figure 1.4). The main elements of this version: silicone strap, circuit body and strap fastener. The circuit body in this case is a separate element which is inserted into the silicone strap. Product design is simple enough to use. Materials: silicone, plastic.

The main objective of the second stage was a visual and accessible presentation of design solutions in the form of presentation material, which contained the following: visual models, close to the actual size; functional analysis of the elements and the entire structure as a whole; concept visual image analysis.

The images showing the concept visual image are presented in Appendix M.

The 1st image - "The accent in static geometry." The basis of the image is a cube against the background of desert (acceptance shape is a square and symmetric smooth lines). The process of shape creating: from curved shape to primitive. The shape creation is directed from bionic to geometrically accent composition. Basic type of formation is crystal-morphism

The 2nd image - "monolithic construction". The basis of the image: skyscraper of triangular shape, or monolithic futuristic architecture. The process of shape creating: from general geometric shape to the modular design. The creation is based on regular-shaped baseform, which is converted into a set of components. Basic type of formation is crystal-morphism.

The 3rd image - "Biomorphic stylized design". The basis of the image: sea pebbles. The process of shape creating: from the formless to the ordered shape. The creation is based on the transformation of a formless object into a complete geometric structure. Basic type of formation is biomorphism.

The basis for the three images is the use of accentual inclusions as due to geometrical elements, and also decorative inserts, such as a company logo, texture (Figure 1.6). Textures for strap decoration were chosen in accordance with the concept visual image.

In modeling concept versions the specification of functions and elements of the device was performed. It was assumed that the 1st concept will contain removable circuit body, fixed at the outside of the strap with rigid plates in a silicone form (Appendix N, concept 1). The strap fastener made of metal, consisted of two elements, which should fix the textured strap. In this version the circuit body is a decorative element, also involves wearing a device on the outside of the wrist that

did not satisfy the requirements of specified parameters. The design of this variant was subsequently revised.

The modified system of the strap elements in accordance with the requirements of the design solution is presented in Appendix P. The principle of elements assembly is considerably simplified, due to the available technical implementation and the method of system elements application. The functional analysis also takes into account the possibility of using the fixing element and circuit body as a suspension.

The functional analysis of the 2nd concept, whose design and application scenario was not changed during the design process, is presented in Appendix N. This option is considered as the second in order of importance of design solutions, and is recommended as the final concept.

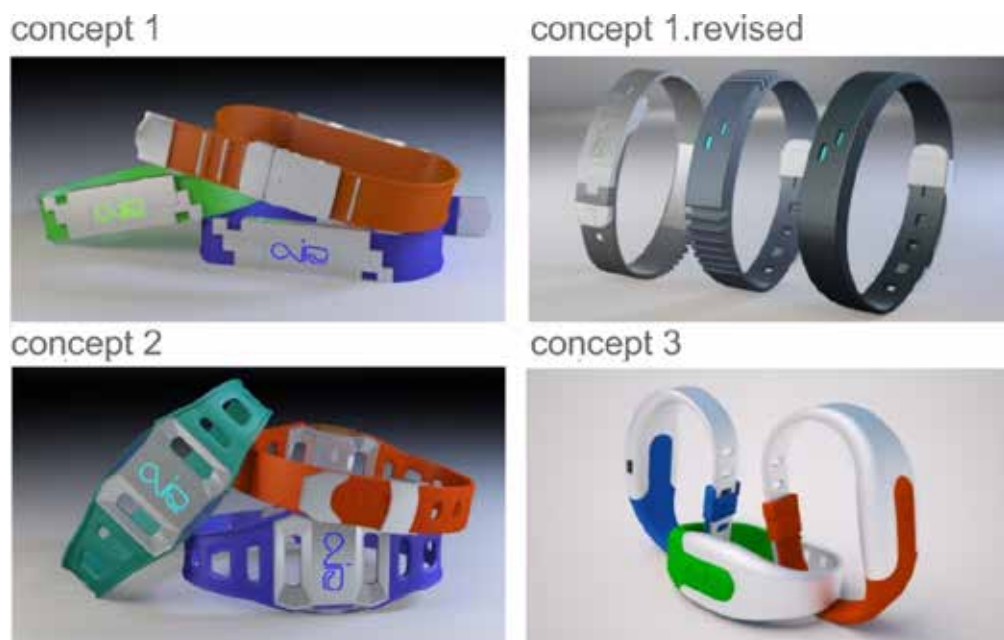


Figure 1.6 Visual representation of concept versions

To form a complete picture of the product at the stage of concept definition, we analyzed the object categories: image, function, morphology, shape technology, the aesthetic integrity. The results are presented in a comparative table in Appendix Q. Comparing the given object categories, it should be concluded that each version of the concept is unique as an independent design solution, and has a complete, self-contained spatial composition.

If we consider the objects in terms of design solution, the objects have the general structure morphology due to the functional requirements to the object. The objects are distinguished according to the functional design features: the number of elements and their potential combinations into independent designs specify additional functions to the object. In this case, the number of elements should be minimal in relation to inherent functions.

It follows, that now the first concept is the most successful, as it contains the minimum number of elements meeting the operational requirements of the design object and introduces the additional function in assembling the module and the fixing elements (pendant). As that, the second concept satisfies only the requirements of the functionality of the design object because of the large number of elements. The design type of the third concept is closed and has no additional functional design features.

1.2.3 The engineering design of the selected concept

The main objective of the engineering (complete) design: bringing the decisions made to the possibility of real implementation of the design concept. The design draft of the product is developed according to the accepted and approved concept, including CAD-assembly, assembly diagram and general drawings. A detailed plan of the implementation stage of the "Engineering design" is presented in Appendix R.

At this stage the work is implemented in contact with designers and technologists. The stage includes:

- specification of engineering and design solutions, the final design connection with design structure, technical "stuffing", components;
- detailing of ergonomic parameters;
- detailing of dimensional characteristics;
- shape detailing;
- the development of three-dimensional computer design model;
- development of design drawings in electronic form;

- development of the graphic elements on the product surface;
- color and texture variants.

Based on the approved plan the main stages of design are formed in two blocks: development of accurate models for the prototype realization and testing with subsequent modification of models. The stage-wise detailing of dimensions and shape of the object was performed during the implementation of the engineering design. The changes were made taking into account the design and engineering requirements, which were aimed at minimization of the cost on manufacturing the device (production technology, use of materials, post-processing, assembly nature of the product, etc.).

The overall design of elements combination did not undergo considerable changes, while the dimensions of the external and internal surfaces were changed significantly in relation to the circuit body elements, which were also detailed and subject to rearrangement taking into account the dimensions of the body. In this case, the shape remains the same in relation to the detailed concept, while the product size was changed.

I modification development. The implementation of this stage took place in full compliance with the conceptual design, whose main feature is further use of the circuit body and fixing element as a decorative pendant.

At this stage, the circuit body has two main body parts and additional elements: main body, side cover, button and lens for the LED (Figure 1.7). In the thickening zone of the strap material the surface is corrugated to reduce the occurring elasticity in bending. This decision is also a decorative inclusion, since the shape of the recesses may have different geometries and repetition rate (Appendix S). Circuit body is inserted into the fixing element, its surface having a cut-through in the form of the device logo. When the body is inserted, the lettering is illuminated with LED lens. The surface area of the lens corresponds to the area of the logo.

The body size change also entails changes in the dimensions of the strap niche, which completely follows the shape of the outer body. Therefore, there is a need to revise the dimensions of key elements each time the body size is changed. It should

be noted that at this stage the concept functional qualities were kept by means of "fixing" the dimensions of key elements. The final bracelet modes of intermediary operation are presented in Appendix S.

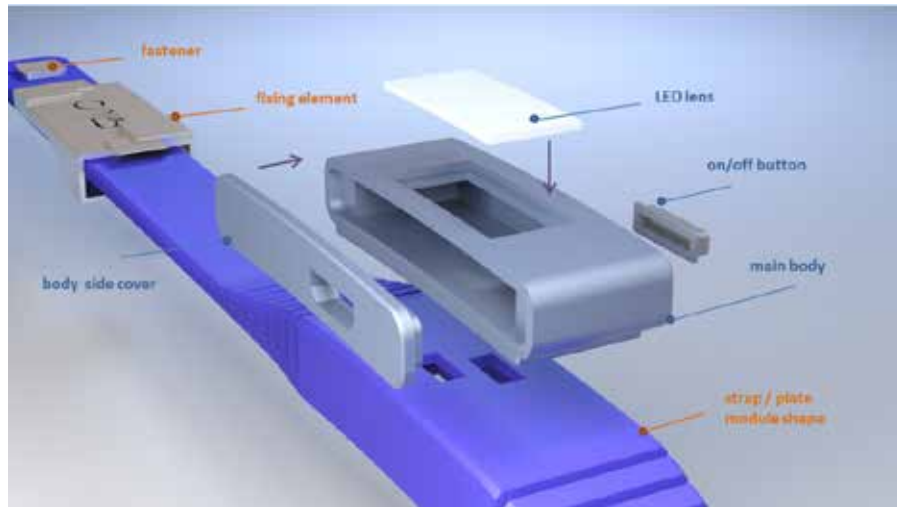


Figure 1.7 The bracelet elements. I modification development

In this case, the size of the fixing element are associated with the size of the circuit body (one form to be inserted into another) (figure 1.8) and limited by the size of the fastener. In their turn, the dimensions of width and height of the fastener are limited by the width of the strap, and a height of two thicknesses of the strap (4 mm). Such forced connection with the size of the elements limits the changes to product dimension that in further arrangement of internal stuffing of the body revealed the impossibility of implementing the suspension function (see. modification development II).

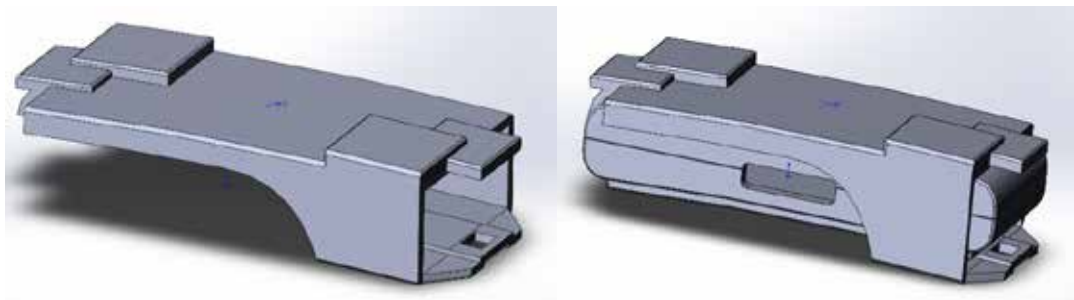


Figure 1.8 Assembling the circuit body module and fixing element (pendant)

At this stage, the strap niche has a thickness of 7.5 mm under the circuit body. This is the minimum size that has been reached in the device design, based only on the external calculations in conjunction with the dimensions of the key elements (Appendix T-3). This parameter meets the project technical requirements, which are

to reduce the height of the circuit body for comfortable wearing on the inner side of the wrist. The further changes in the size of the device elements were made according to the specified dimensions of these models.

II modification development. The second phase of the engineering design is characterized by detailed study of the internal "stuffing" of the body. The elements adjustment influences the body dimensions, which in their turn change the dimensions of the strap niche and the fixing element. The refusal of body and fastener assembly as an additional functional module (suspension) can be explained by the body overall misfit. Increasing the size of the fixing element hole under the straps would make this function meaningless. That is, the fixing element would be too large and the bracelet would be difficult to use.

At this stage, the maximum thickness of the strap is 10.8 mm . The external height dimensions of the body is 9.8 mm. The reason for increasing the height is the battery size, which placement required the expansion bottom of the body (Appendices S, T).

The main elements of body structure: LED window (regarded as one unit with the body), the upper and lower parts of the body, control button, self-tapping screws, screw "chutes", the battery stops, micro-USB, the electronic circuit and the battery. The strap consists of the following elements: fixing element, silicone mold, fastener for fixing the bracelet on the arm. The openings in silicone strap are provided for fixing element for moving it along the strap. The solution provides the ability to center decorative element on the arm (Figure 1.9).

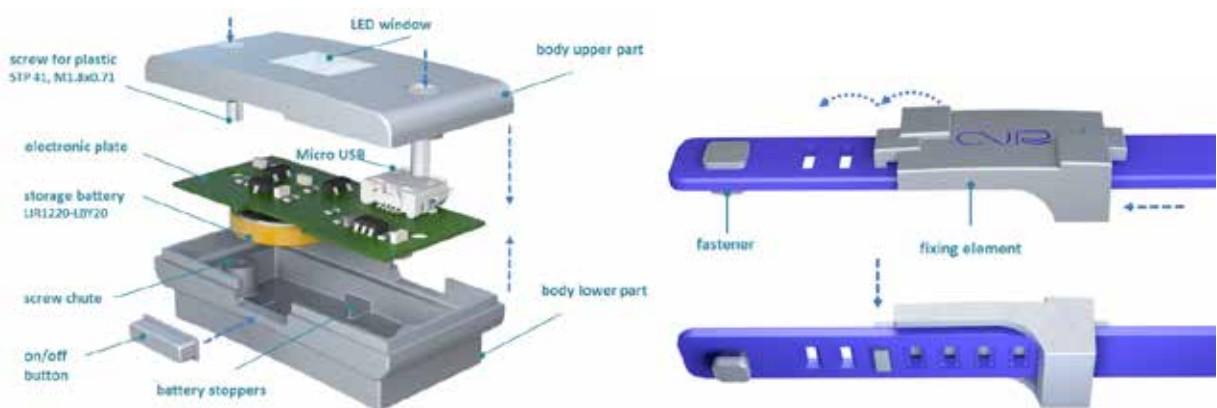


Figure 1.9 The bracelet elements. II modification development.

The LED window is viewed as one unit with the circuit body. The body is made of a transparent ABS plastic which is covered by a lacquer coating except for the LED window. The window area remains transparent. This solution allows to get rid of an element - the lens, reducing the cost on manufacture (Appendix U).

The two parts of the body are made with the condition of hot-casting technology under plastic pressure. During body modeling, three additional versions of body separation were presented, taking into account this technology (Appendix V). Where the first version of the separation corresponds to the bracelet version, implemented in the previous work (see. I modification development.). The second intermediate version has lower (cap) and upper (main) parts of the body where the circuit is located. The third version is "inverted" combination of parts of the second version.

Figure 1.10 presents models with different placing of screw holes (yellow - battery, green - circuit plate, gray - body, orange - button). In the first intermediate variant the chutes are located below, in the second they are on top. In the second variant, the strap hides the screw holes and it allows making the lower body part adjacent to the skin smoother.

Materials and requirements for manufacturing the prototype of "Spinor Air" bracelet are presented in the table of Appendix W. The prototype Appendix X.

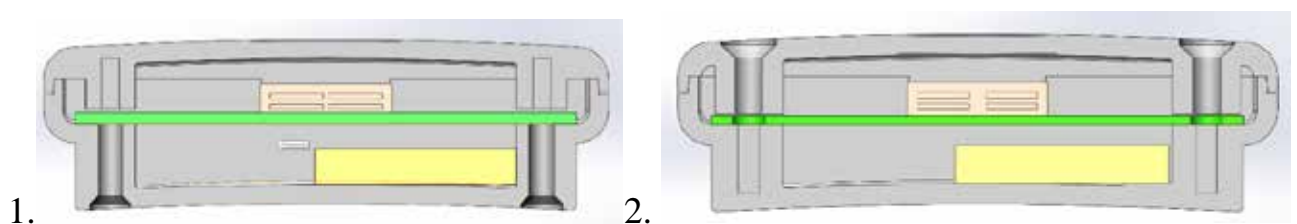


Figure 1.10 Variants for screw chutes placing

Changes to the circuit board were made simultaneously with the process of design engineering that allowed specifying the size and layout of the internal elements of the device. The basic dimensions of the body affected the body size and layout of the elements, defining the nature of the shape of the design object. To implement the chosen design concept it is necessary to change the following: layout of circuit plate components, body size, type of power supply to the battery with

charging module of device via mini-USB. The EHF-device itself has remained unchanged.

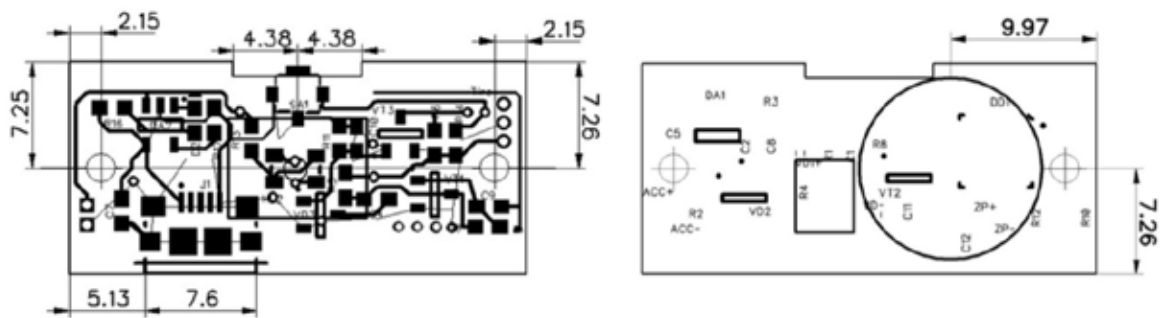


Figure 1.11 The circuit board at the time of the prototype development

Selection and specification of the device elements depended on technical and dimensional parameters. Below there is a list of common elements used to create the e-stuffing at the time of prototype development:

- LIR1220-LBY2 Lithium button battery. Voltage: 3.6 V, capacity: 0.012 A/h [11];
- Micro-USB 2.0 (type: B) [12];
- Tactile switch Ultra-small (SMT) (series: B3U) [13];
- LED lamp KAA-3528ESGS [14].

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. Сборочные чертежи медицинского браслета
«Спинор-Эйр»**

Техническая документация:

Наименование	Классификатор ЕСКД	Листов
Наручный браслет	ФЮРА 941150.000 СБ	2
Корпус платы	ФЮРА 301100.000 СБ	1

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ41	Топоркова Антонина Павловна		

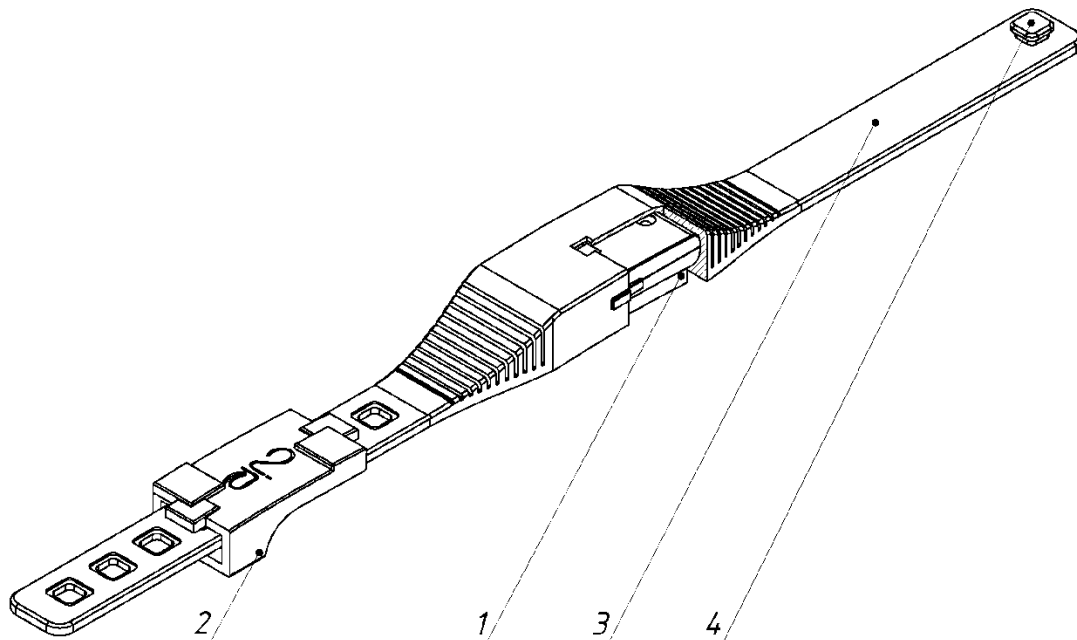
Консультанты кафедры ИГПД

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Куликова Ольга Александровна	Кандидат технических наук		
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

ФЮРА 94.1150.000 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

ПОЗИЦИЯ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПИСАНИЕ	КОЛ-ВО
		Документы	
	ФЮРА 94.1150.000 СБ	Сборочный чертёж	1
		Сборочные единицы	
1	ФЮРА 301100.001	Корпус платы	1
		Детали	
2	ФЮРА 735200.002	Фиксатор	1
3	ФЮРА 735300.003	Ремешок силиконовый	1
4	ФЮРА 758320.004	Заклёпка	1

ФЮРА 94.1150.000 СБ

Наручный браслет
Сборочный чертёж

Лит.	Масса	Масштаб
у	0.045	1:1
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИГПД
Группа 8ДМ41

Сборка СПИНОР

Копировал

Формат А4

ФЮРА 941150.000 СБ

Перв. примен.

Справ. №

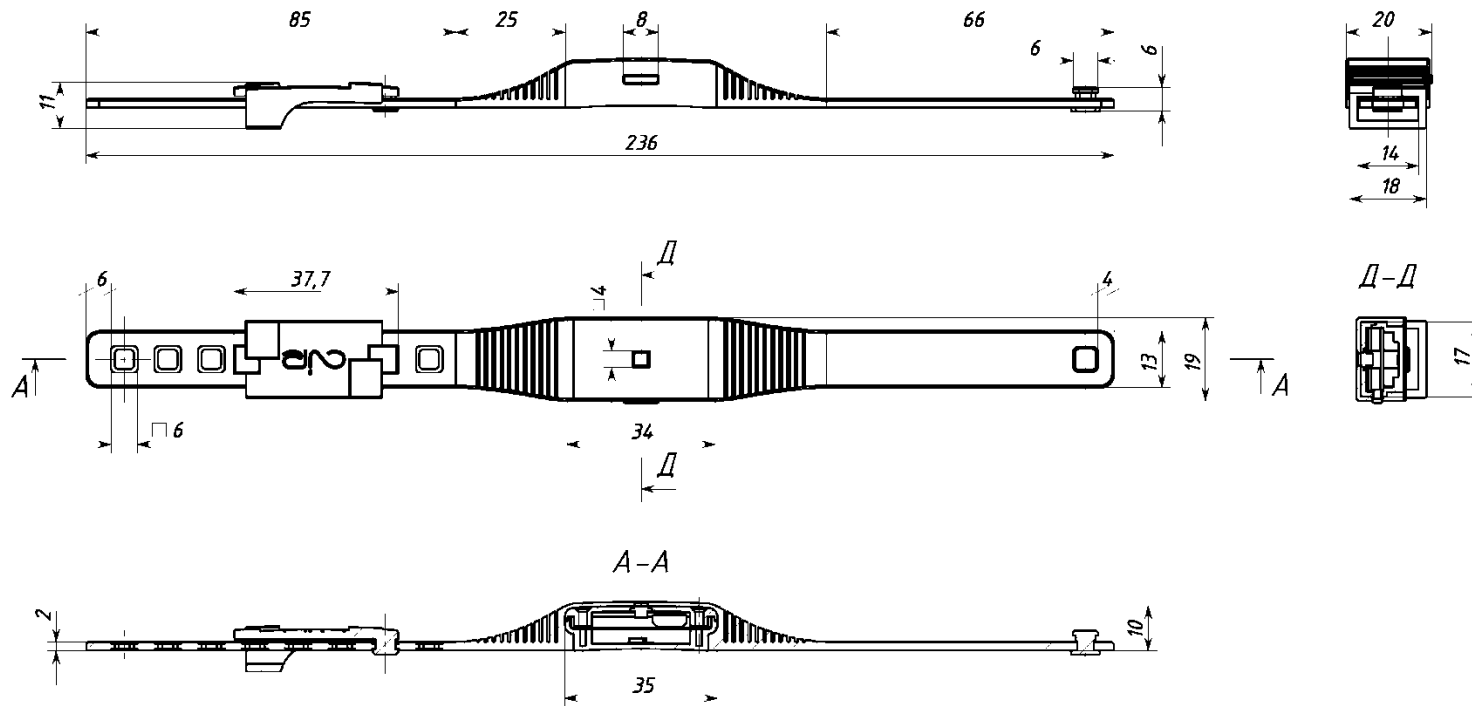
Подпись и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инд. № подл.



Размеры для справок

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
		Галоркова А.Л.		25.01.2016
Пров.		Куликова О.А.		
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Чтв.				

ФЮРА 941150.000 СБ

Наручный браслет
Сборочный чертёж

Лит.	Масса	Масштаб
у	0.045	1:1
Лист 2		Листов 2
ТПУ ИГПД группа ВДМ41		

Сборка СПИНОР

Копировал

Формат А3

ФЮРА 301100.000 СБ

Лист. общее

Справ. №

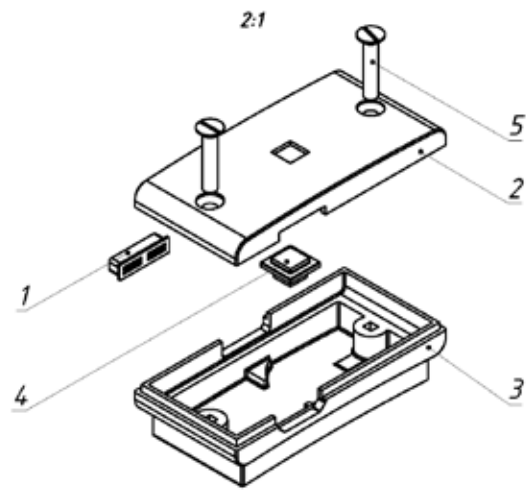
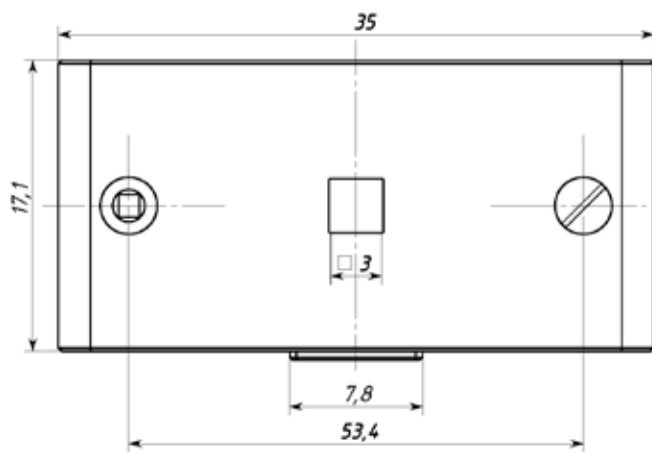
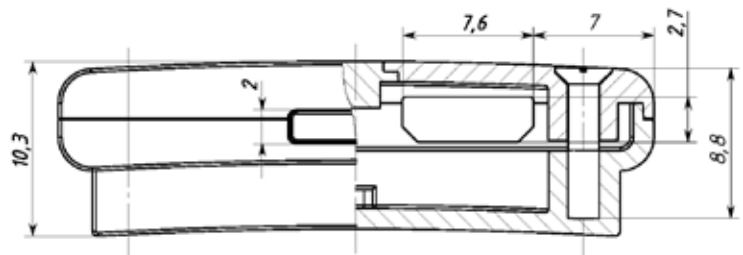
Листы и дата

Мед. № дубл.

Взам. инв. №

Листы и дата

Мед. № дубл.



Размеры для справок

ПОЗИЦИЯ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПИСАНИЕ	КОЛ-ВО
		Документы	
	ФЮРА 301100.000 СБ	Сборочный чертёж	1
		Детали	
1	ФЮРА 711000.001	Кнопка	1
2	ФЮРА 731390.002	Верхняя часть корпуса	1
3	ФЮРА 731390.003	Нижняя часть корпуса	1
4	ФЮРА 755100.004	Линза под светодиод	1
		Стандартные изделия	
5		Винт для пластмассы СТР 43, М18х0 71	2

ФЮРА 301100.000 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
		Толеркова А.П.	10.06.2019
		Граб.	Кумжова О.А.
		Т.контр.	
		Нач. КБ	
		И.контр.	
		Инв.	
Корпус платы		Лит.	Масса
Сборочный чертёж		у	0.025
		Лист 1	Листов 1
		ТПУ ИГПД	
		Группа 8ДМ41	

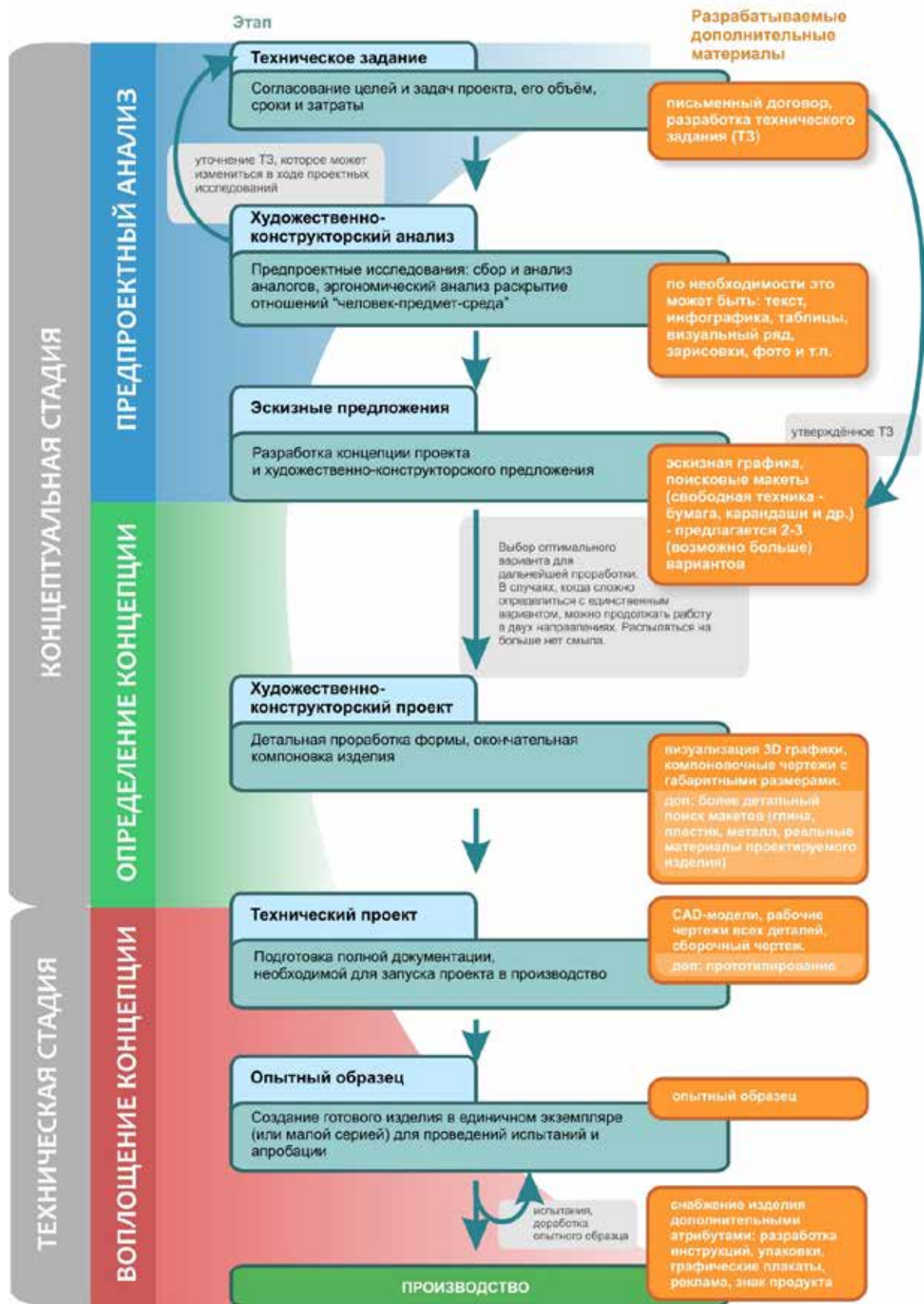
Сборка СЛНЮР

Калировал

Формат А3

Приложение С. Поэтапная схема проектирования промышленного изделия

Поэтапная схема проектирования промышленного изделия:



Приложение D. Виды стратегий дизайн-проектирования

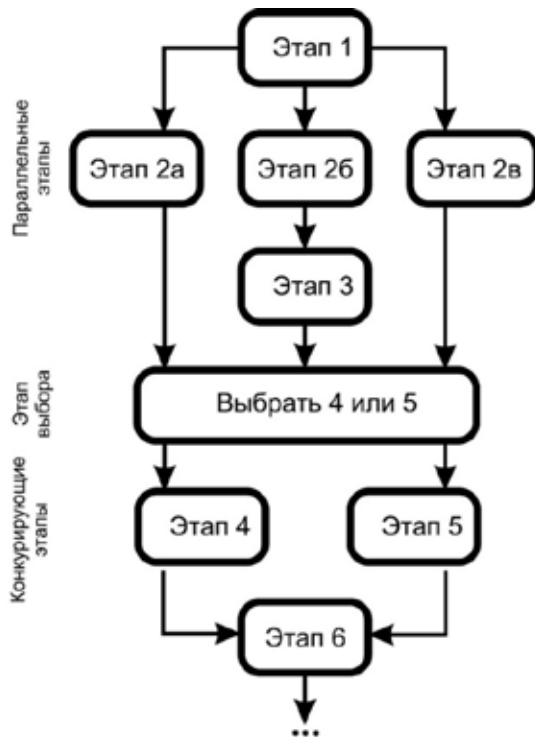


Схема 1. Разветвлённая стратегия



Схема 2. Адаптивная стратегия



Схема 3. Стратегия приращения



Схема 4. Случайный поиск



Схема 5. Управление стратегией

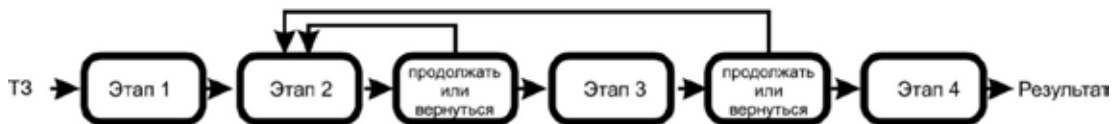


Схема 7. Циклическая стратегия



Схема 8. Линейная стратегия

Приложение Е. Техническое задание на разработку дизайна браслета

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ ДИЗАЙН ПРОЕКТА МЕДИЦИНСКОГО БРАСЛЕТА ДИР.07.042.01.00

от «12»_декабря_2014г.

МЕДИЦИНСКИЙ БРАСЛЕТ

(наименование объекта)

ООО Монета, Трушин А.С., Кублинский А.С.

(Ф.И.О. исполнителя/уполномоченного представителя)

ООО Монета, Трушин А.С., Кублинский А.С.

(Ф.И.О. заказчика/уполномоченного представителя)

1. Введение

Медицинский браслет – это носимое электронное устройство, предназначенное для профилактики и повышения собственных возможностей организма человека. Принцип действия: излучение определённого частотного диапазона, эффект биорезонанса. Представляет собой наручный прибор.

2. Основания для разработки

- ООО Монета, г. Томск, «___»_____2014г.
- Медицинский браслет ДИР.07.042.01.00

3. Назначение разработки

- разработка дизайн-проекта медицинского браслета

4. Требования к проектированию

4.1. Требования к функциональным характеристикам:

- Медицинский браслет должен быть уменьшен в размере (по сравнению с нынешне актуальной версией) за счет пересмотра микросхемы, элемента питания
- Медицинский браслет должен быть снабжен необходимыми элементами, обеспечивающими его надёжную фиксацию на запястье руки разных размеров
 - Медицинский браслет должен надёжно фиксировать электромагнитный излучатель на тыльной стороне
- Медицинский браслет должен иметь конструкцию, позволяющую извлекать элемент питания для замены и обслуживания
- Медицинский браслет должен иметь на лицевой части индикатор работы встроенного прибора и кнопку управления
- Медицинский браслет должен иметь конструкцию, надёжно защищённую от пыли и влаги
- Медицинский браслет должен быть выполнен из пластика / металла / резины / либо сочетания перечисленных материалов.

4.2 Требования к условиям эксплуатации

- Медицинский браслет должен соответствовать ТУ 9444-00228833138-2009





4.3 Требования к параметрам медицинского браслета

- высота не более (мм)	15
- ширина не более (мм)	50
- длина не более (мм)	200
Масса браслета, г, не более	50
Срок службы, лет, не менее	3-5
Гарантийный срок службы 1 год	

Приложение F. Общий план художественного-конструирования медицинского браслета «Спинор-Эйр»

№	Этап	Исследования и проектирование	результат	Срок
1	Техническое задание	Техническая документация разработки-начинки (чертежи, сборка, модели), пожелания заказчика.	Постановка проблемы, цели и задач. Определение сроков и затрат, объема работы	_____
2	Художественно-конструкторский анализ	Предпроектные исследования: -анализ аналогов -отношение «человек-предмет-среда» - топологический анализ формы - описание требований технической эстетики - определение конструкторской задачи, технологии, средств методов реализации	- Инфографика «человек-предмет-среда» - Таблица сравнительного анализа аналогов - Пояснительная записка требований технической эстетики и определение конструкторской задачи -Предварительная таблица материалов изготовления корпуса	1.06. – 4.06
3	Эскизные предложения	Разработка концепции проекта: - разработка вариантов художественно-конструкторских предложений - согласование предложений с заказчиком - анализ и выбор вариантов решения	- эскизная графика (поиск форм, свободное формообразование) - пояснительная записка оптимальных вариантов решения и обоснование выбора (с учётом поиска эргономических, цветовых и стилевого решения). Выбор не более 2х вариантов.	1.06. – 11.06
4	Художественно-конструкторский проект (подготовка результатов дизайн проекта к техническому этапу)	Уточнение концепции проекта: - детальная проработка формы - окончательная компоновка изделия - определение основных частей конструкции - определение материалов и технологии изготовления изделия	- 3D визуализация - компоновочные чертежи-схемы с габаритными размерами - представление фирменного стиля - макет, быстрое прототипирование изделия - результаты тестирования на физические, эргономические параметры	11.06- 25.06

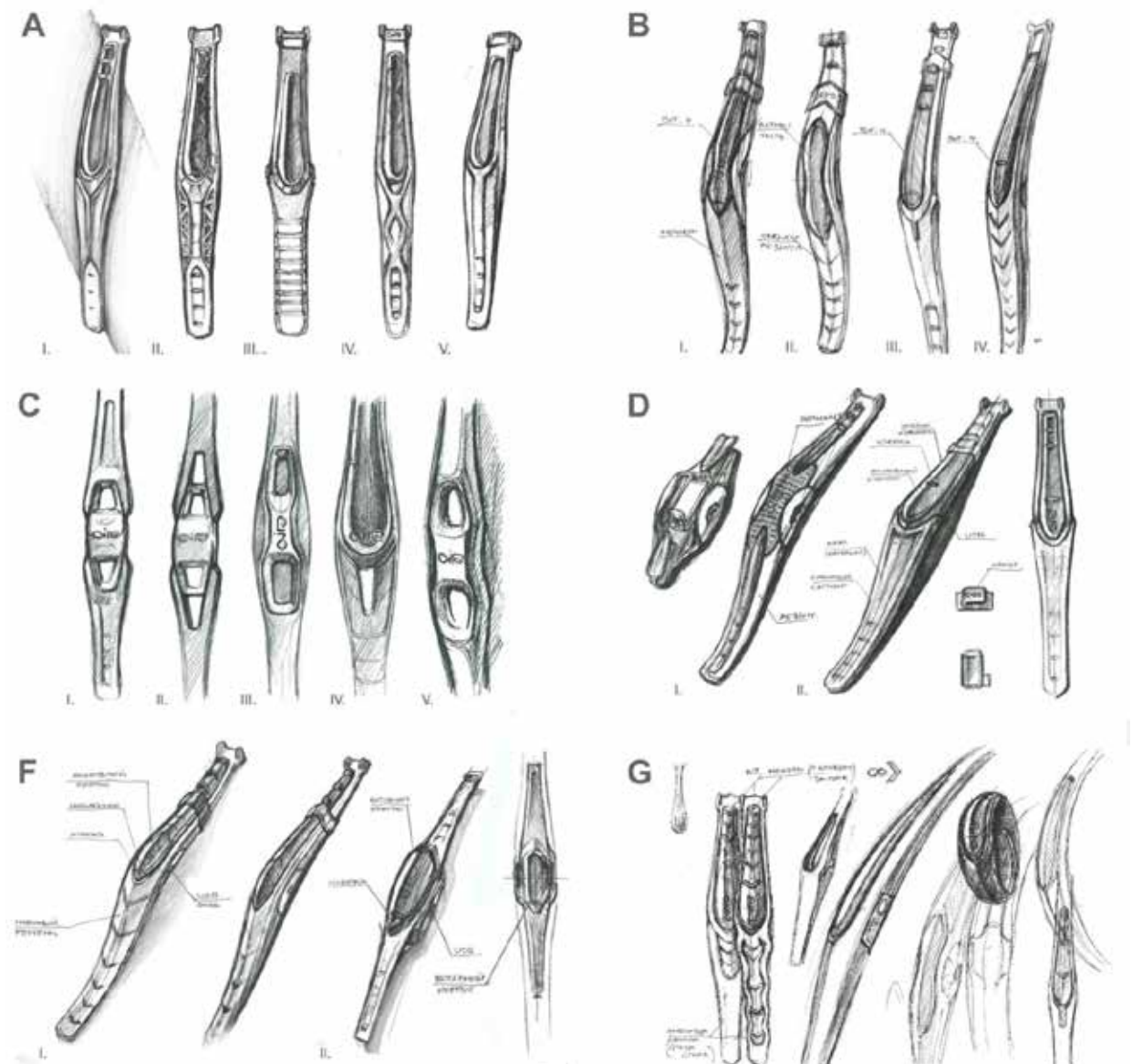
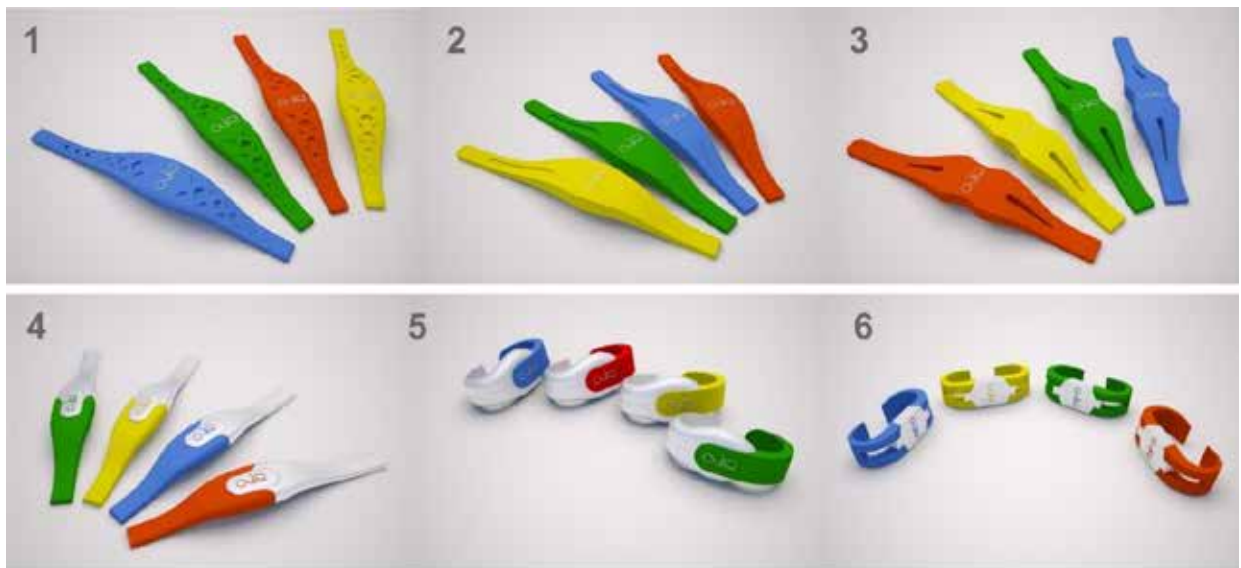
Приложение G. Аналоги по форме и функциональному содержанию

Продукт	Особенности дизайна	Преимущества	Недостатки
<p>1</p> <p>Xiaomi Mi Band</p> 	<p>Линейка «Xiaomi» отличается капсуловидным корпусом платы, который задаёт общий эстетический вид всего комплекта. По мимо широкой цветовой линейки ремешков, существует ремешок строгого стиля, из кожи.</p>	<p>Небольшие габариты по ширине, лёгок. Имеет плавные, скруглённые формы. Удобно застёгивается на руке при помощи простого крепежа.</p>	<p>Модуль платы достаточно сложно вытаскивается из ремешка, что требует усилий. Это обусловлено жёсткой формой ремешка.</p>
<p>2</p> <p>Fitbit Charge HR</p> 	<p>Имеет модификации «фитнес-браслет» и «умные часы», отличающиеся размером дисплея и соответственно шириной ремешка. Главной особенностью дизайна, является цельная конструкция ремешка с корпусом платы.</p>	<p>Модификация «фитнес-браслет» имеет небольшую ширину, по всей длине ремешка. На внешней стороне ремешка текстурная поверхность, структурой которой у разных гаджетов своя. Дизайн объекта достаточно строгий как в формообразовании, так и в подаче декоративных элементов. Дизайн объекта выдержана в рамках современного стиля. Ремешок выполнен из силикона, достаточно гибок.</p>	<p>На вид объект имеет достаточно широкий плотный ремешок, без рельефа и перфорации на внутренней стороне ремешка.</p>
<p>3</p> <p>Garmin Vivomart Purple</p> 	<p>Современная модификация фитнес браслета «Garmin-vivoFit». Имеет достаточно простую форму, которая хорошо повторяет форму запястья. Корпус платы являются частью ремешка, который незаметно модифицирован в общую конструкцию.</p>	<p>Отличается продуманным решением ремешка, для повседневной носки. Он выполнен из гибкого силикона с полиуретановой мягкой прокладкой, с мелкой перфорацией.</p>	<p>Браслет не подлежит ремонту и вскрытию.</p>
<p>4</p> <p>TalkBand B2 от Huawei</p> 	<p>«Умный браслет» имеющий дополнительную функцию разговорного гаджета. Браслет имеет три стилистических исполнения (чёрный, белый и коричневый). Базовая форма для блока управления (реализованная в форме «колыбельки»), сам корпус гаджета выполнены из алюминия. У тонкого ремешка из мягкого силикона, с внешней стороны идёт текстурированная поверхность.</p>	<p>Конструкция гаджета функциональна и проста, не смотря на сложность исполнения основной части. Браслет достаточно лёгок, и имеет сравнительно небольшую ширину. Ремешки браслета крепятся к «колыбельке» и вручную отсоединяются. Дизайн прибора достаточно эргономичен, имеет завершенный деловой стиль, с сочетание металла и силикона. Гаджет имеет модульную систему элементов, что задаёт объекту многофункциональные качества.</p>	<p>Фиксация ремешка на руке при помощи простого крепежного элемента, вызывает сомнения в надёжности крепления, при возможности эксплуатации в разных условиях.</p>

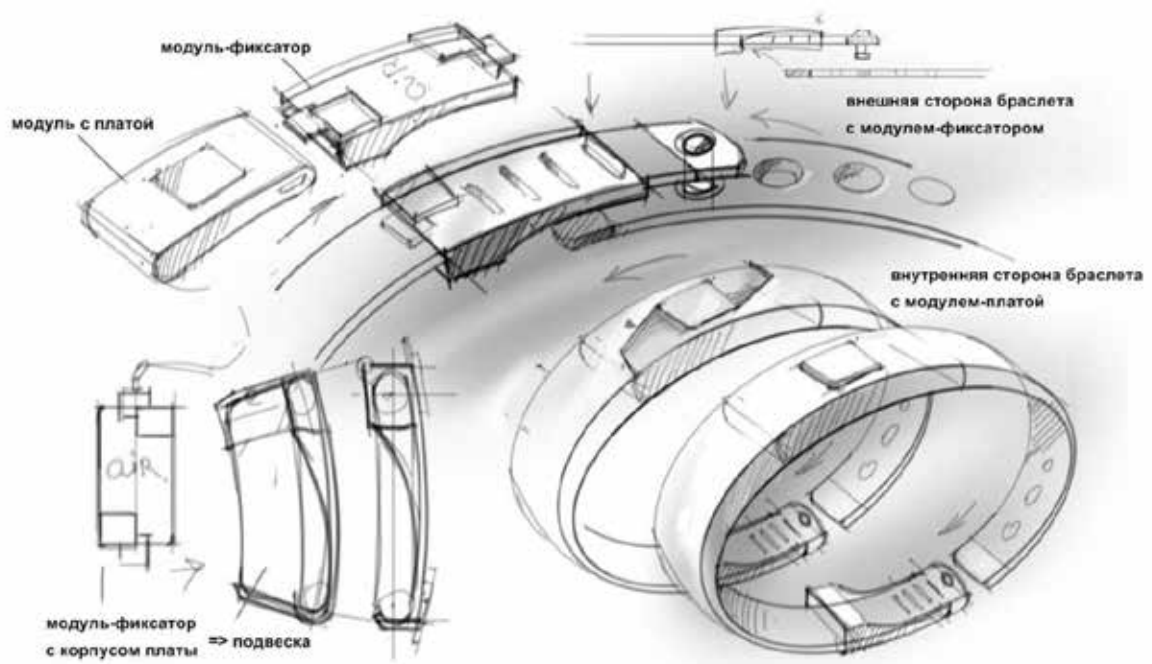
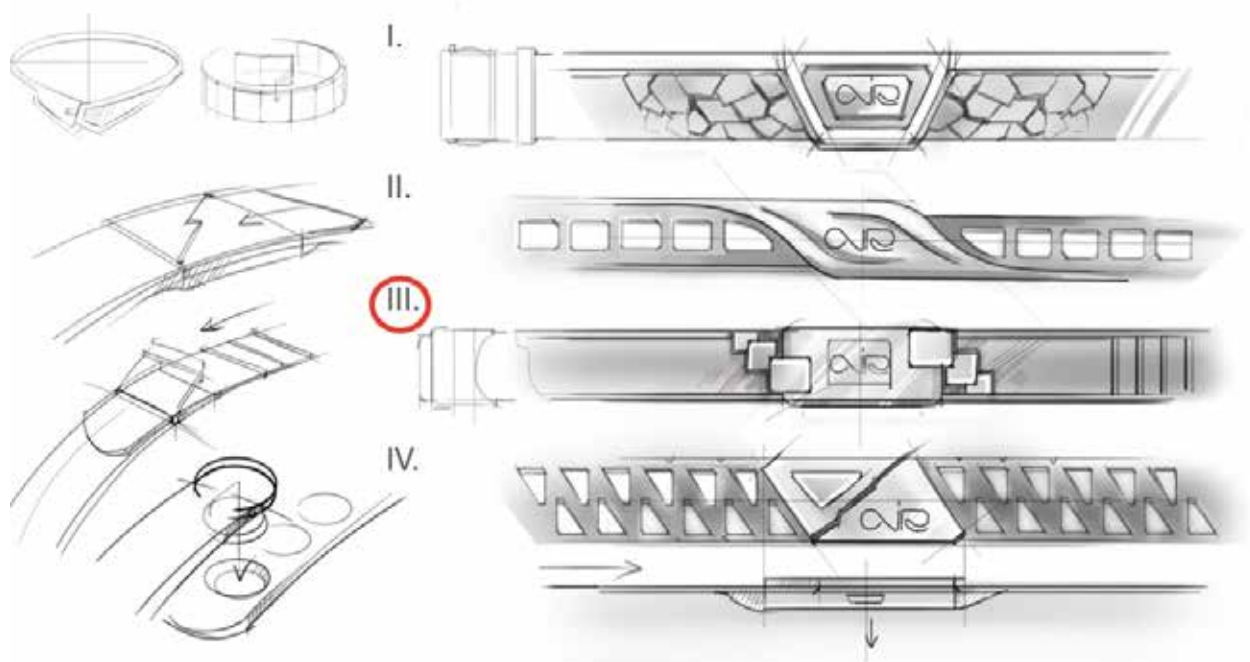
Приложение Н. План поиска концепции на 27.06.2015

№	Этап	Исследования и процесс проектирования (форма - отчёт за проделанную работу)	Результат (инфографика, презентации, таблицы, планшеты и т.п.)	Срок
1	Техническое задание	Техническая документация разработки-начинки (чертежи, сборка, модели), пожелания заказчика.	Постановка проблемы, цели и задач. Определение сроков и затрат, объёма работы	_____
2	Художественно-конструкторский анализ (входит в письменный отчёт по итогам этапа 3,4)	Предпроектные исследования: - анализ аналогов - отношение «человек-предмет-среда» - топологический анализ формы - описание требований технической эстетики - определение конструкторской задачи, технологии, средств методов реализации	- Инфографика «человек-предмет-среда» - Таблица сравнительного анализа аналогов - Пояснительная записка требований технической эстетики и определение конструкторской задачи - Предварительная таблица материалов изготовления корпуса	_____
3	Эскизные предложения	Ход I. Разработка концепции проекта: - разработка вариантов художественно-конструкторских предложений - согласование предложений с заказчиком - анализ и выбор вариантов решения	- эскизная графика (поиск форм, свободное формобразование) - пояснительная записка оптимальных вариантов решения и обоснование выбора (с учётом поиска эргономических, цветового и стиливого решения). Выбор не более 2х вариантов.	1.06. – 10.06. (1.06.-11.06)
<p>Выбор и пожелания заказчика: Презентация 1 (цветная):- лист 2/ лист 4; - номер I на листе 5 Презентация 2 (карандаш): - номера I и II на листе 3. - Смоделировать эскизные варианты, используя материалы чёрных, серых и серебристых оттенков - Во всех вариантах предусмотреть сменный ремешок</p>				
		Ход II. Разработка концепции проекта: - 3D визуализация 2х вариантов эскизных концепций. - Подробная 3D визуализация модели концепции (№1, лист 5) - Изображения, показывающие принцип основных креплений ремешка, застёжки (предложить вариант для каждой концепции). - Эргономика (вид браслета на руке) - Поиск художественного образа	Презентация с основным материалом: - аналоги художественного образа концепций - функции и принцип действия - материалы, технология - Эргономика	25.06. – 3.07.
4	Художественно-конструкторский проект (подготовка результатов дизайн проекта к техническому этапу)	Уточнение концепции проекта: - детальная проработка формы - окончательная компоновка изделия - определение основных частей конструкции - определение материалов и технологии изготовления изделия	- 3D визуализация - габаритно-компоновочные схемы - представление фирменного стиля - макет, быстрое прототипирование изделия - результаты тестирования на физические, эргономические параметры	13.07-31.07 (11.06-25.06)

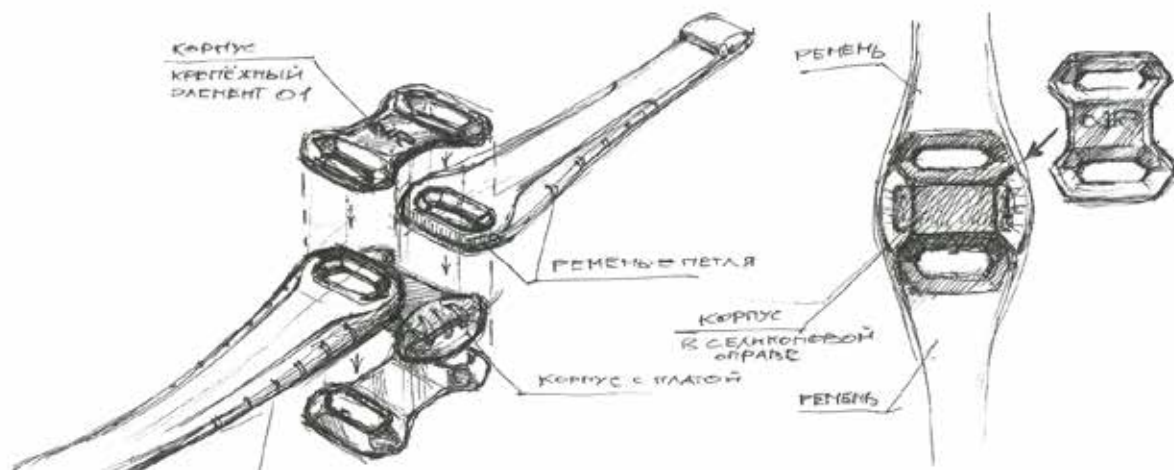
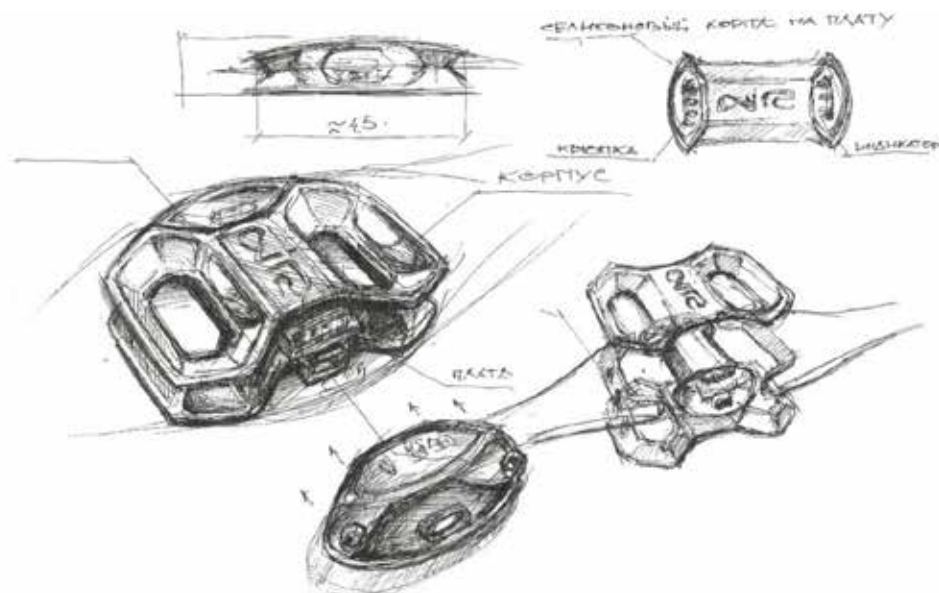
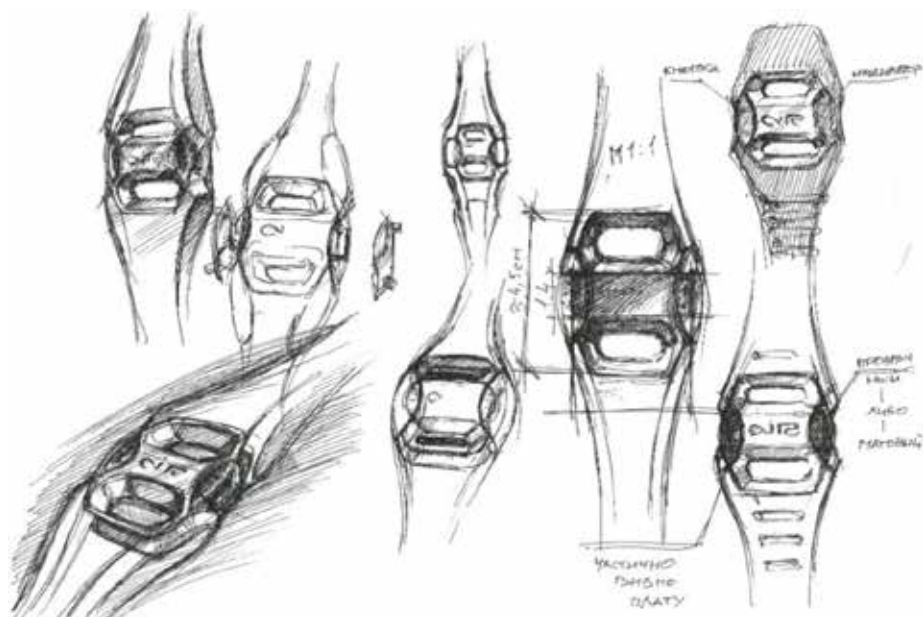
Приложение J. Эскизный поиск концепций



Приложение К. Эскизный поиск. Концепция 1

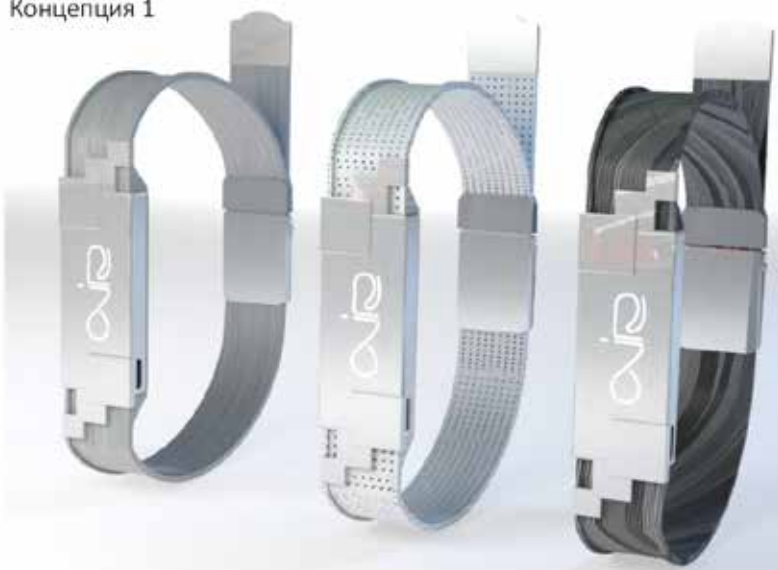


Приложение Л. Эскизный поиск. Концепция 2



Приложение М. Художественный образ и варианты фактур концепции

Концепция 1



Концепция 2



Концепция 3



1. Акцент в статичной геометрии



2. Монолитная конструкция

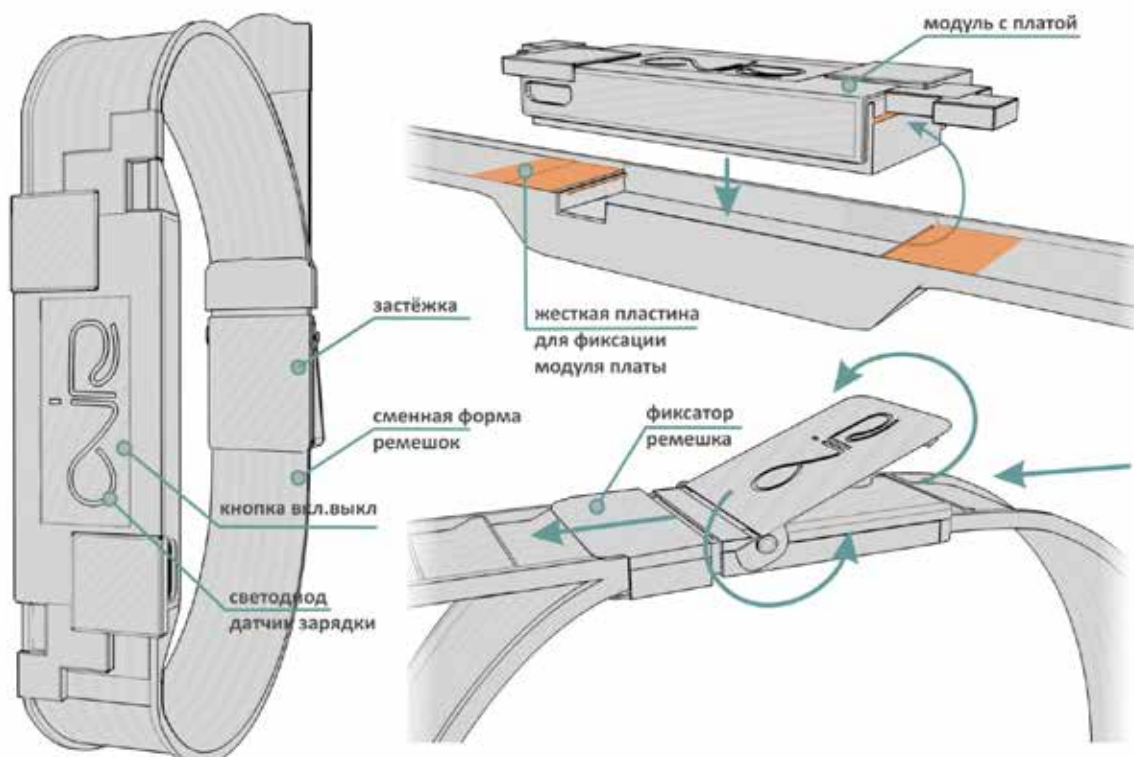


3. Биоморфная стилизация

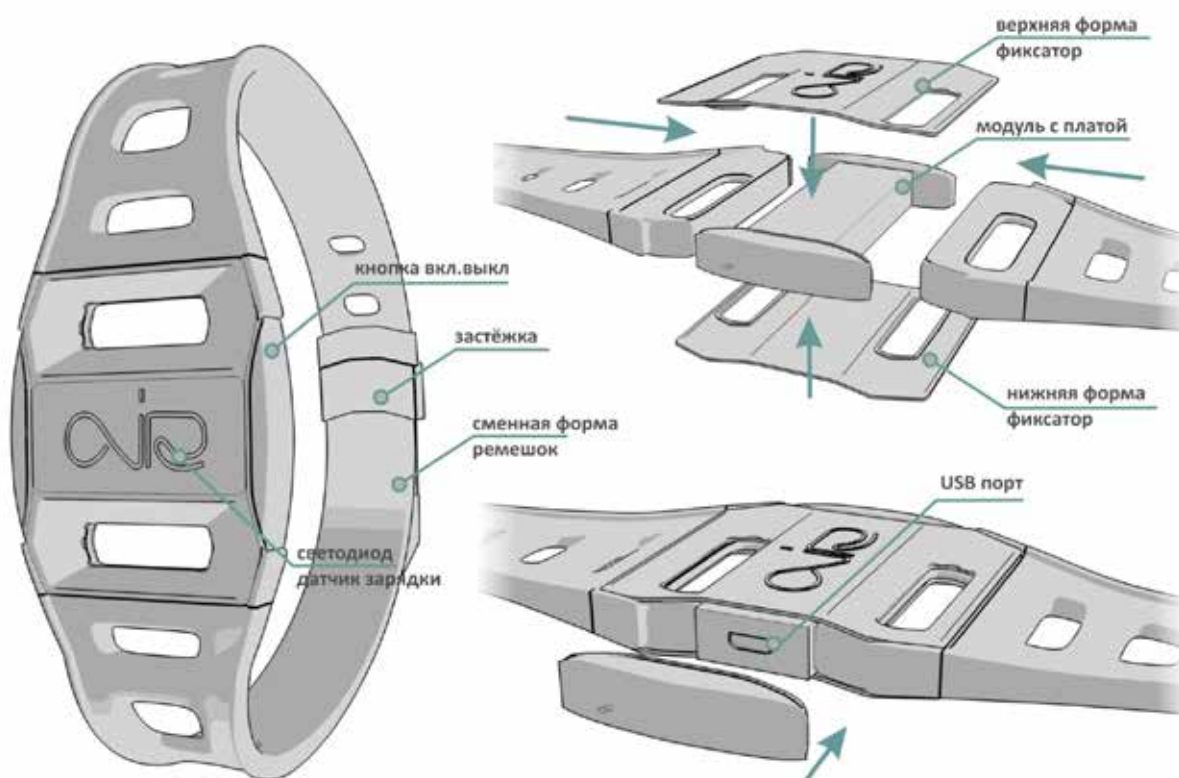


Приложение N. Функциональный анализ вариантов концепции

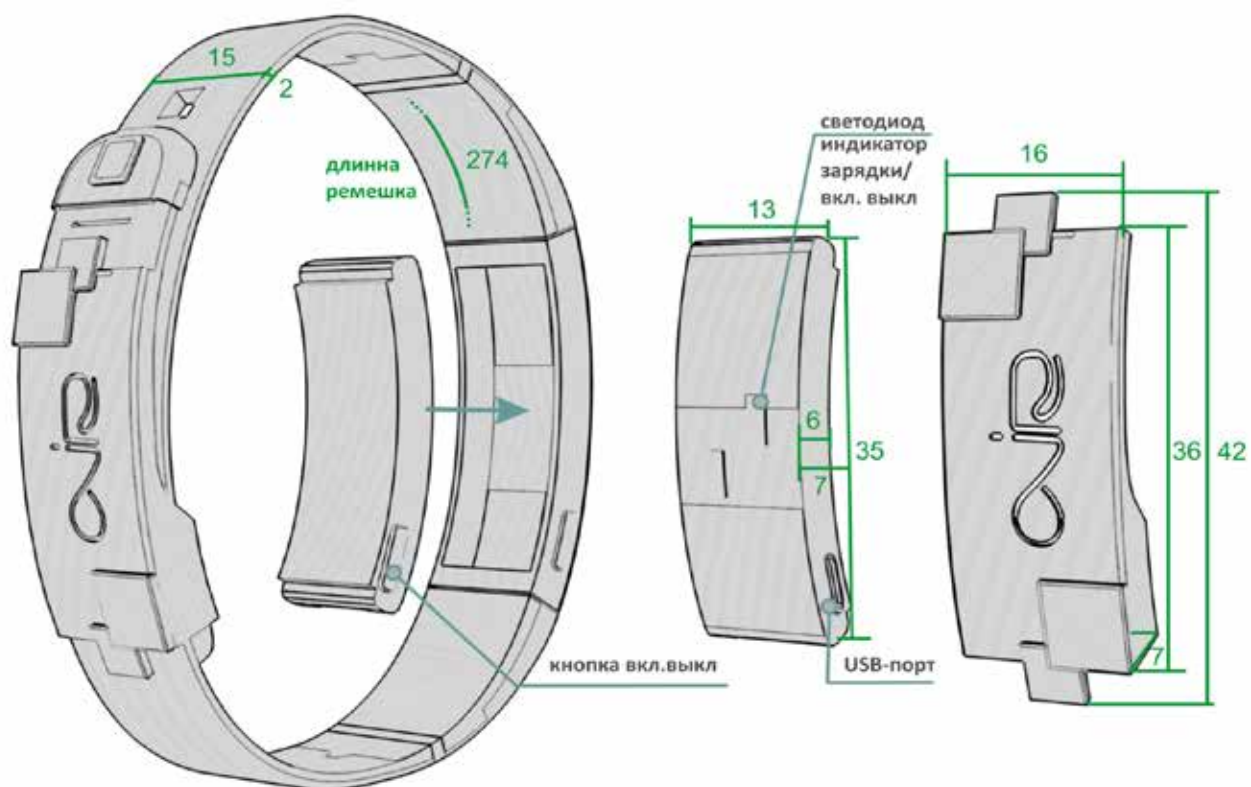
1 концепция



2 концепция



Приложение Р. Пересмотренный функциональный анализ концепции 1



Приложение Q. Категории объекта для вариантов концепций

Кон- я	Образ, принцип формообразования	Особенности функционала	Морфология, технологичность формы	Эстетическая ценность
1	Куб на фоне пустыни. От изогнутой формы к примитиву. В данном случае ремешок имеет изогнутую форму и выполнен из эластичного материала, геометрический элемент – квадрат, родственен в художественной композиции прямоугольным элементам (корпус платы и фиксирующий элемент), которые в свою родственны дуге ремешка, имея небольшой изгиб.	Извлечение модуля платы. Фиксирующий элемент – подвеска. Сменный ремешок	Объекты имеют законченную монолитную форму. Фиксирующий элемент ремешка, корпус платы и крепёжный элемент выполняются из алюминия или пластика. Ремешок - силикон.	Тектоника формы соответствует базовым функциям объекта. Внешне имеет чётко выраженную техническую эстетику, переданную через геометрически-правильные формы. Объёмная композиция устойчивая в применении акцентов и контрастов.
2	Небоскрёб треугольной формы, или монолитная архитектура в перспективе. От общей геометрической формы к модульности конструкции. Модуль платы и фиксирующие элементы в сборке представляют собой зеркально отсечённую окружность. Окружность плавно переходит в ремешок. В данном случае каждый элемент является геометрически правильным, которые в общей каплевидной форме, представляют собой акценты.	Возможность отсоединения ремешков. Извлечение модуля платы. Модульная конструкция	Объект имеет законченную монолитную форму, с достаточно большим количеством элементов в составе общей конструкции. Фиксирующие элементы выполнены из алюминия. Модуль платы из пластика. Заглушки и ремешок – силикон.	Наличие достаточно большого количества элементов не оправдывает функциональные возможности конструкции объекта. В целом объёмная-пространственная композиция имеет законченный вид. Тектоника объекта образована сочетанием элементов. Наличие акцентных форм и материалов, создают образ сложного, но композиционно цельного объекта.
3	Морская галька. От бесформенного к упорядоченной форме. В данном случае объект не имеет ярко выраженных акцентов по форме. Акцентные включения созданы при помощи включения акцентных, ярких цветов.	Цельная силиконовая форма, внутри расположен корпус платы	Форма объекта проста в изготовлении. Ремешок выполнен из силикона. Модуль платы из пластика.	Объект приближен к бионической форме. Преобладают мягкие формы, но в тоже время геометрически-понятная тектоника даёт интуитивно понять, что предмет имеет отношение к техническому устройству, за счёт симметричной композиции. Внешне имеет чётко выраженную техническую эстетику.

Приложение Р. Подробный план этапа технического проекта на 23.07.2015

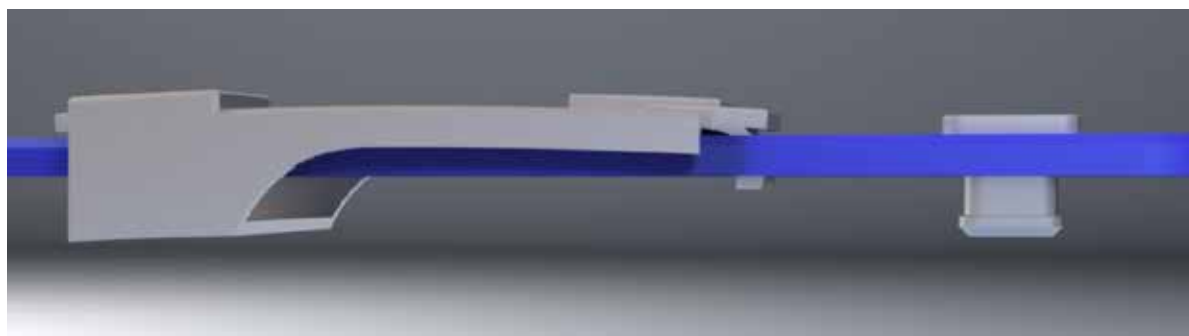
№	Под этапы	Исследования и процесс проектирования	Результат (инфографика, презентации, таблицы, планшеты и т.п.)	Срок
1 Детальная проработка формы, окончательная компоновка изделия				
11	Художественно-конструкторская проработка корпуса	- Детальная проработка внешней формы - Точное моделирование всех элементов прибора	- Техническая 3D-модель (сборка)	27.07. – 21.08
12	Окончательная компоновка изделия	- Согласование тектоники формы с конструктивными элементами платы - Уточнение технической 3D-модели	- компоновочные схемы - чертежи общего вида с габаритными размерами - чертежи каждого элемента - схема изделия с разнесёнными деталями	22.08-31.08
13	Разработка сложных поверхностей	- Проработка соединений, типов креплений - Проработка сложных геометрических поверхностей	- Эскизы узлов - Развертки геометрии сложных поверхностей	1.09 – 7.09
14	Выбор конструкционных и отделочных материалов	- Выбор материалов для каждой детали - Технология изготовления полной сборки	- письменное пояснение/карта выбора материалов, технологии и последовательность сборки (спецификация)	8.09-11.09
15	Согласование технического проекта	- составление промежуточного отчёта - согласование материала с заказчиком для выхода на этап 1.6.	- презентация наработанного материала	12.09-14.09
16	Моделирование и макетирование (после этапа 1.3)	- антропометрический анализ - эргономическое тестирование (антропометрия) - тестирование на физические параметры - согласование степени проработки макета, качество изготовления, характера эксплуатации и тестирования	- макет/прототип - пояснительная записка результатов тестирования - корректировка изделия (этапов 1.1 – 1.4) в соответствии с результатами этапа 1.6.	8.09-18.09
17	Итоговая презентация проекта	- Верстка итогового презентационного материала	- ppt. – презентация - пояснительная записка - макет - др (2.3, 2.4., 2.5).	19.09 - 28.09
2 Оформление проекта				
21	Верстка итоговой презентации	Подробная презентация проекта (формат ppt. pdf.)		19.09 - 28.09
22	Оформление пояснительной записки к проекту	Письменный документ дизайн-проекта с общим описанием этапов и результатов (формат doc. pdf. A4)		19.09 - 28.09

Приложение S. Технический проект - Ход I. Элементы браслета

Варианты гофрирования ремешков

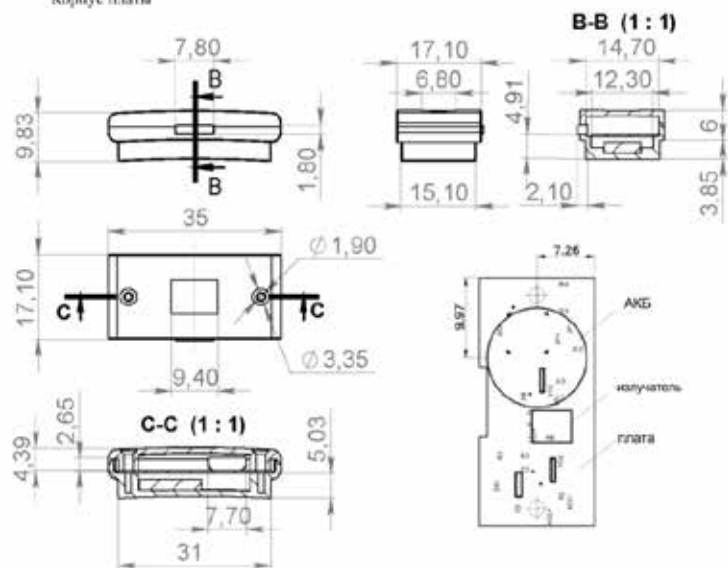


Визуализация соотношения размеров элементов к ремешку

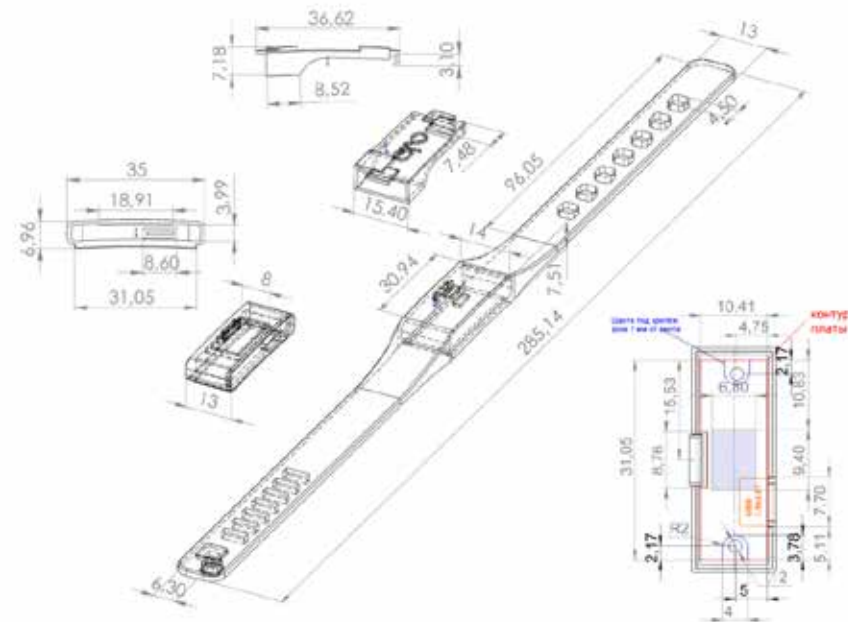


Приложение Т. Технический проект. Габаритно-компоновочная схемы

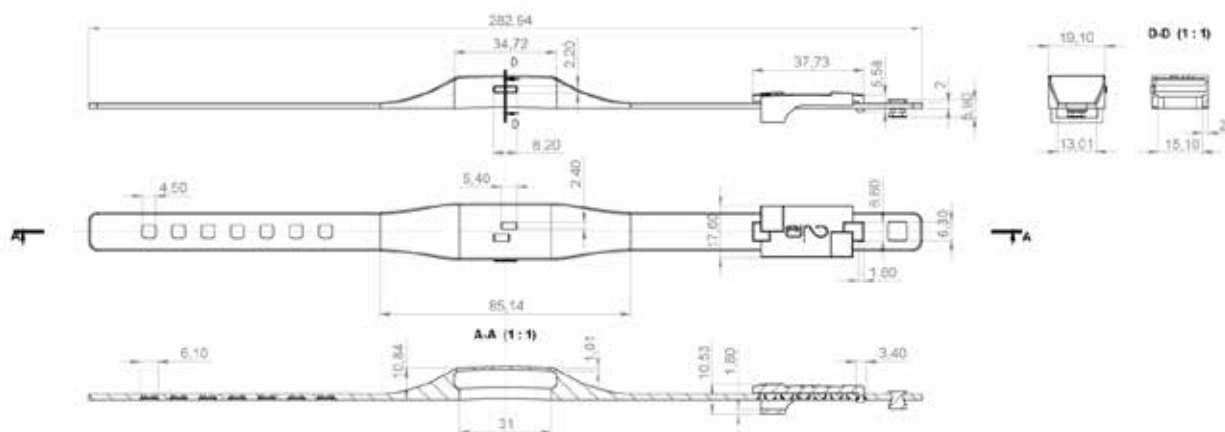
1. Технический проект - Ход II.
Корпус платы



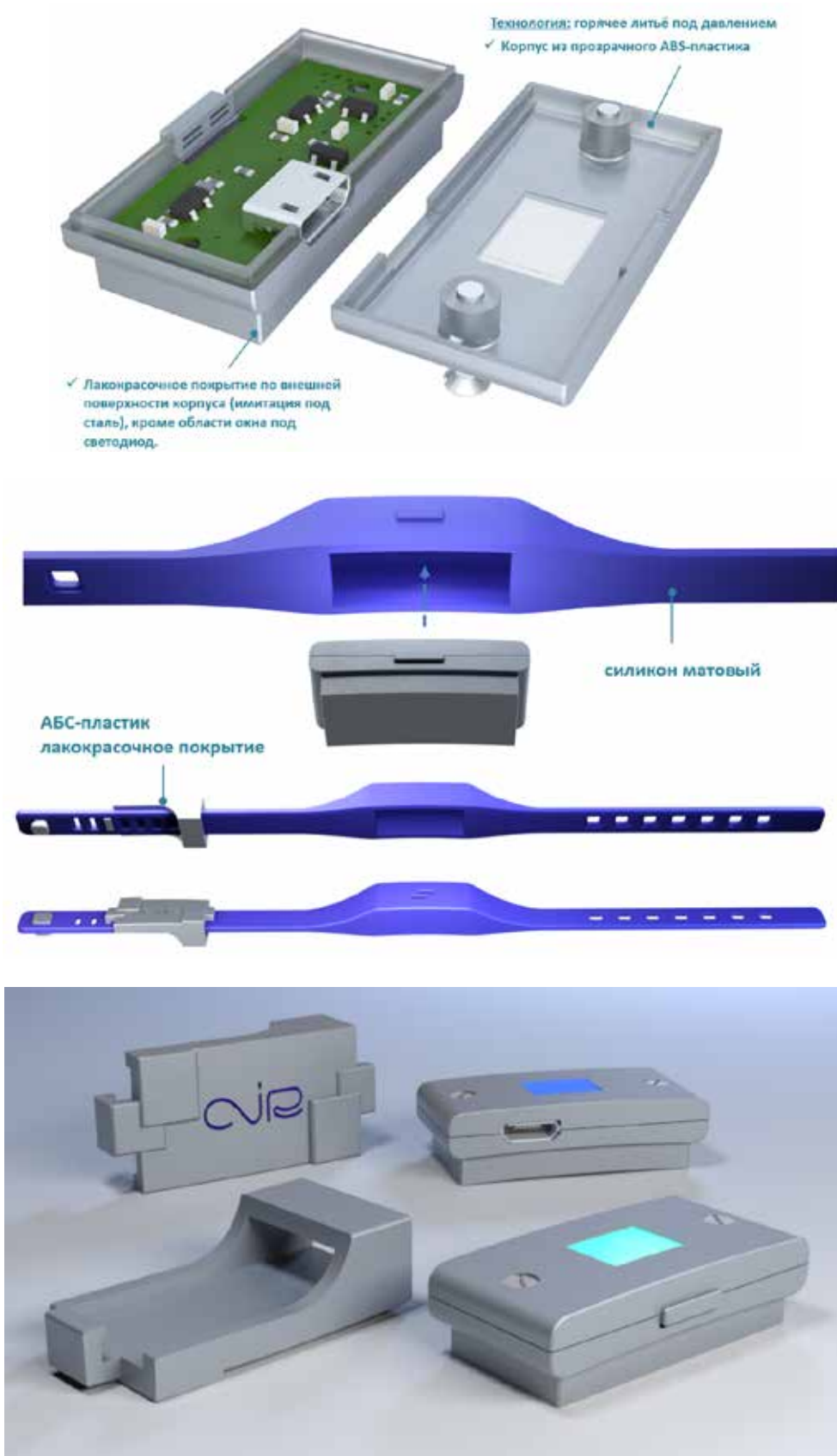
3. Технический проект - Ход I.



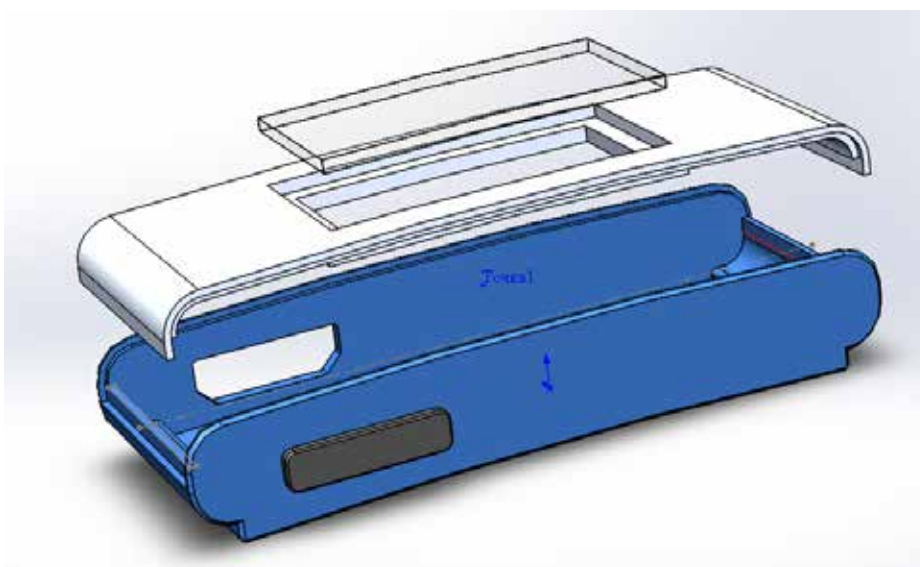
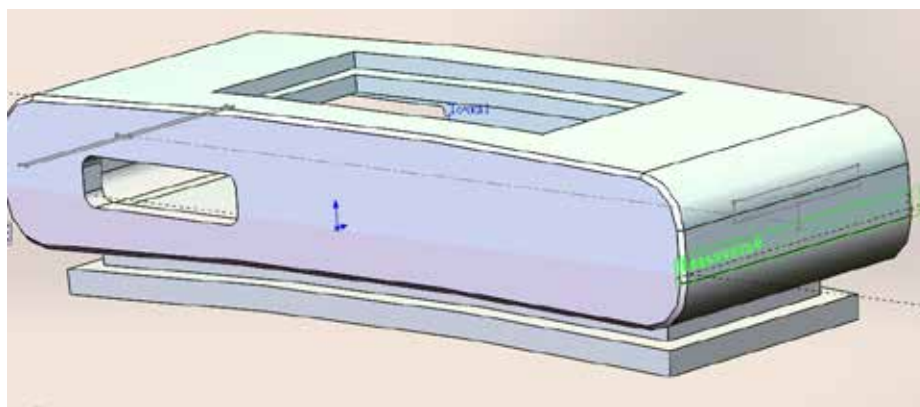
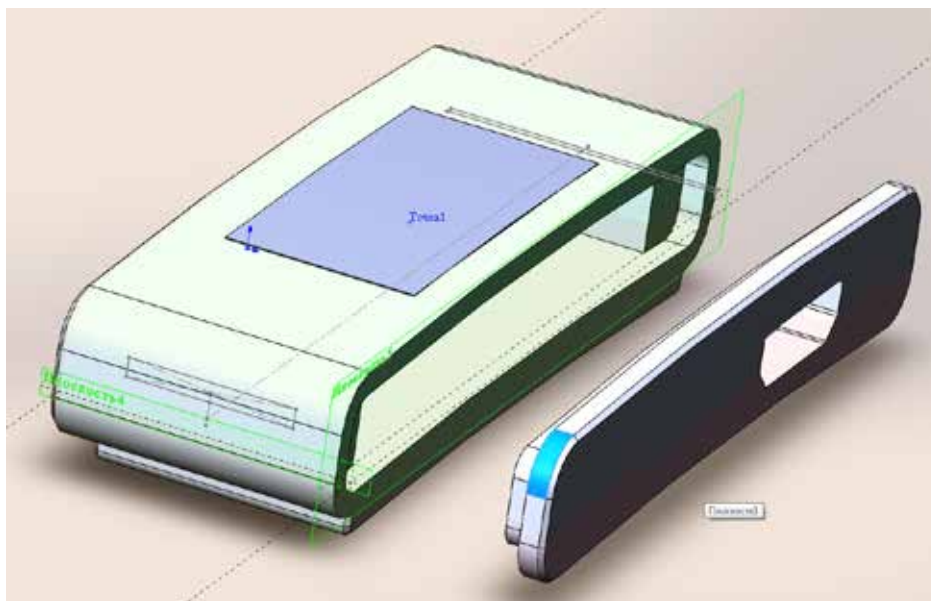
2. Технический проект - Ход II.
Ремешок и фиксатор



Приложение У. Технический проект - Ход II. Материал и покрытия элементов браслета



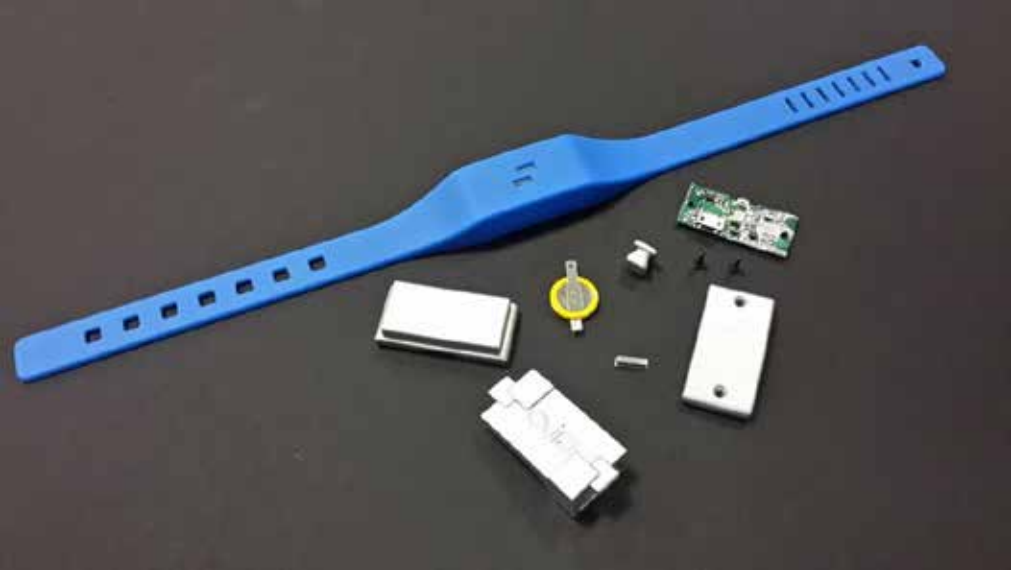
Приложение V. Варианты разделения корпуса платы на основе технологии горячей вакуумной формовки пластика



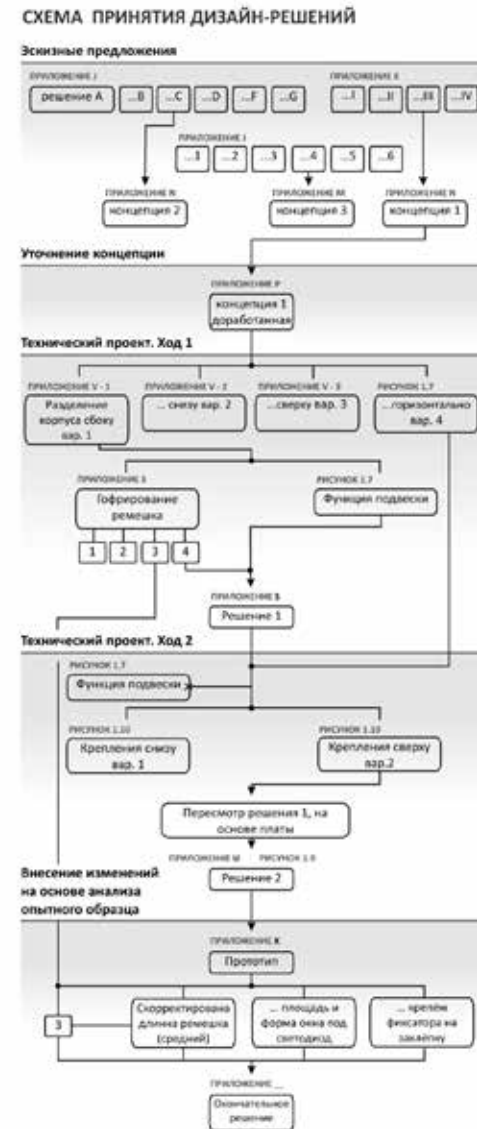
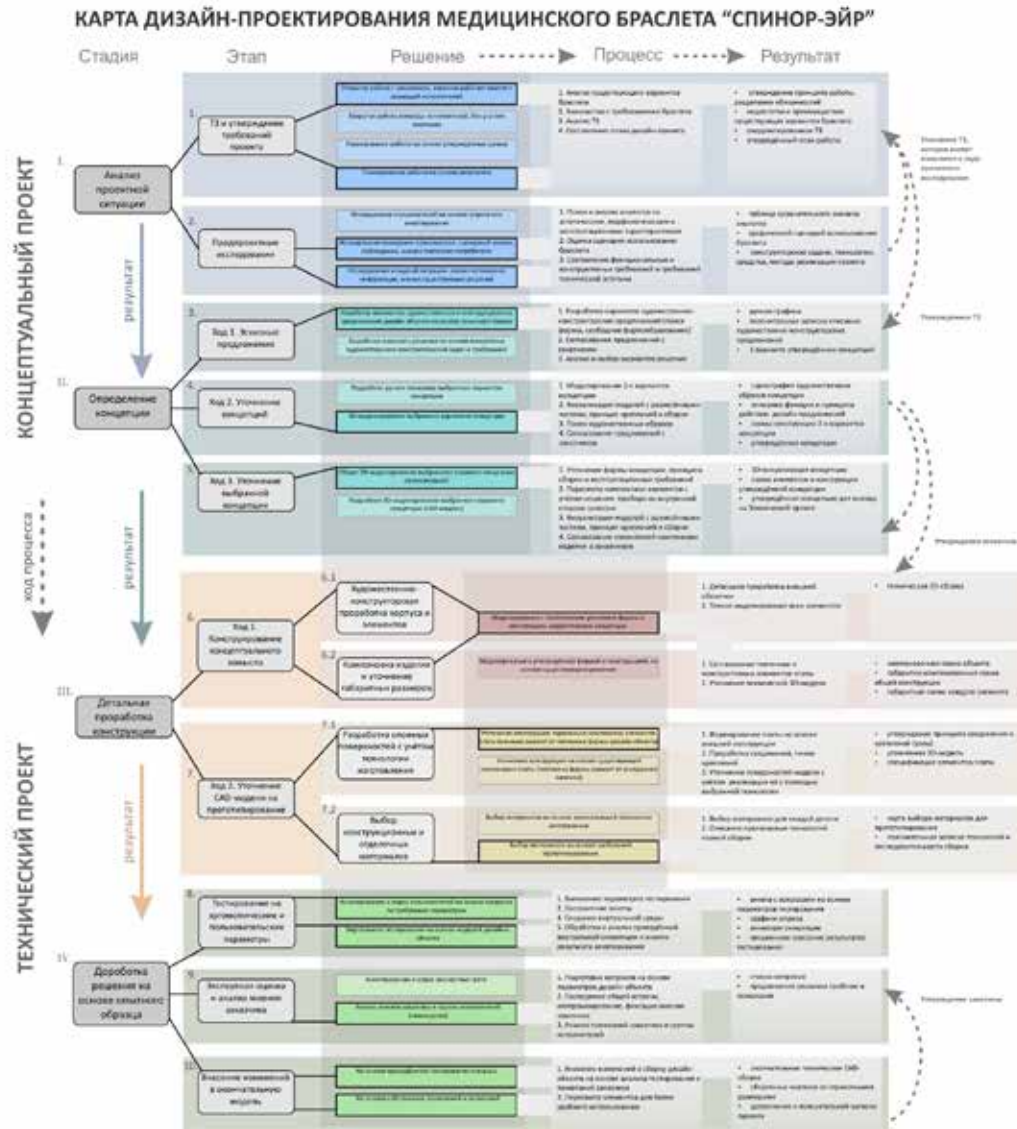
Приложение W. Требования к изготовлению прототипа изделия

Наименование детали		Материал	Покрытие	Особенности
Ремень		Силикон синий матовый	_____	_____
Фиксатор		ABS – пластик белый	Лакокрасочное покрытие – металлик светлый (имитация под сталь). Внешние грани детали – текстура поверхностей шагрень	Лакокрасочное покрытие наноситься на все внешние и внутренние грани детали
Крепление		ABS – пластик белый	Лакокрасочное покрытие – металлик светлый (имитация под сталь)	Продевается через отверстие в ремне
Кнопка		ABS – пластик белый	Лакокрасочное покрытие – металлик светлый (имитация под сталь)	_____
Корпус	Верхняя часть	ABS – пластик прозрачный	Лакокрасочное покрытие – металлик светлый (имитация под сталь). Внешние грани детали – текстура поверхностей шагрень	Лакокрасочное покрытие наноситься на все внешние грани детали кроме области окна под светодиод (в модели дана ниша 6.8x9.4)
	Нижняя часть	ABS – пластик прозрачный	Лакокрасочное покрытие – металлик светлый (имитация под сталь). Внешние грани детали – текстура поверхностей шагрень	Лакокрасочное покрытие наноситься на внешние грани детали
Шурупы с потайной головкой STP 41, M1.8x0.71		Сталь углеродистая, оксидированная		
Комментарии				
<ul style="list-style-type: none"> Û Для изготовления корпуса платы, кнопки, фиксирующего элемента и заклёпки (крепление) используется 3D-печать технологии: селективное лазерное спекание (англ. Selective laser sintering, SLS). Û Силиконовая форма ремешка получена на основе заливки пластика в форму, заготовка для создания которой создана на основе модели объекта (печать - SLS). 				

Приложение X. Опытный образец медицинского браслета «Спинор-Эйр»



Приложение У. Стратегия дизайн-проектирования медицинского браслета «Спинор-Эйр»

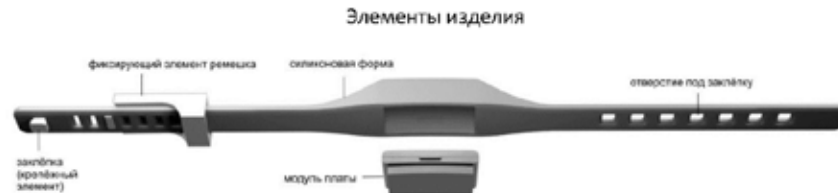


Приложение Z. Форма исследовательской анкеты физического тестирования опытного образца браслета

Исследовательская анкета
проекта Спинор «Эйр»

Пожалуйста, заполните исследовательскую анкету!

Данная анкета позволит выявить проблемы дизайн-решения прототипа изделия Спинор «Эйр»



1. А) Измерьте диаметр своего запястья и впишите полученный результат в строку, укажите свой возраст и пол.

Диаметр запястья _____ Ваш возраст _____ Пол жен./муж.

- Б) Попробуйте самостоятельно застегнуть браслет на руке. Засеките время на каждую из попыток и зафиксируйте полученный результат в таблице. Укажите степень сложности на каждом из этапов*

* Аппарат носиться на внутренней стороне запястья (застёгивающимся элементом вверх)

	Время застёгивания	Застегнуть браслет (степень сложности конструкции)
1 попытка		очень сложно / сложно / не очень сложно / легко
2 попытка		очень сложно / сложно / не очень сложно / легко

- В) Оцените удобство застёгивания браслета на руке по 3-х бальной шкале _____

2. А) Визуально оцените общие габариты и объём изделия. Результаты впишите в таблицу*

*В столбце «Изменение параметров» дайте свою рекомендацию если вас не устраивают габариты. Определяется по 4-м уровням: 1- увеличить, 2 -уменьшить, 3 – немного увеличить, 4 - немного уменьшить.

	Параметры	Устраивает	Изменение параметров
1	Длина изделия	да нет	1 2 3 4
2	Длина ремешка	да нет	1 2 3 4
3	Длина части ремешка для размещения модуля платы	да нет	1 2 3 4
2	Максимальная высота изделия	да нет	1 2 3 4
3	Толщина ремешка (минимальная высота изделия)	да нет	1 2 3 4
4	Ширина изделия	да нет	1 2 3 4
5	Общая масса изделия	да нет	1 2 3 4

Исследовательская анкета
проекта Спинор «Эйр»

Б) Визуально, тактильно дайте оценку свойствам материала основываясь на впечатлении формы элементов изделия*

*Степень свойства материала определяется по 4-м уровням. Например: 1- эластичный, 2 - достаточно эластичный, 3 - не достаточно эластичный, 4 - не эластичный

	Элементы	Материал	Свойства	Степень свойств материала
1	Фиксирующий элемент, заклёпка, корпус прибора	АБС -пластик	хрупкость	1 2 3 4
2	Ремешок	Силикон	эластичность	1 2 3 4
			твёрдость	1 2 3 4

3. А) Разберите браслет на основные элементы (вытащите модуль платы, снимите заклёпку и фиксирующий элемент) и снова соберите. В таблице дайте оценку функциям *

*Схема элементов прибора расположена на 1й-странице анкеты

Элементы	Функции	Да	Нет
Фиксирующий элемент	Легко фиксируется на ремешке		
Модуль платы	Легко помещается в форму ремешка		
	Нажатие кнопки тактильно ощущается (как в ремешке, так и без него)		
Заклёпка	Легко продевается в отверстие силиконовой формы		
	Легко вставляется в ряд отверстий для фиксации длины		

Б) По 3х-балльной шкале оцените степень вашего отношения к

	Баллы	Комментарии
1. общей идеи?	_____	_____
2. форме объекта?	_____	_____
3. эстетической ценности?	_____	_____

Другие отзывы (кратко)

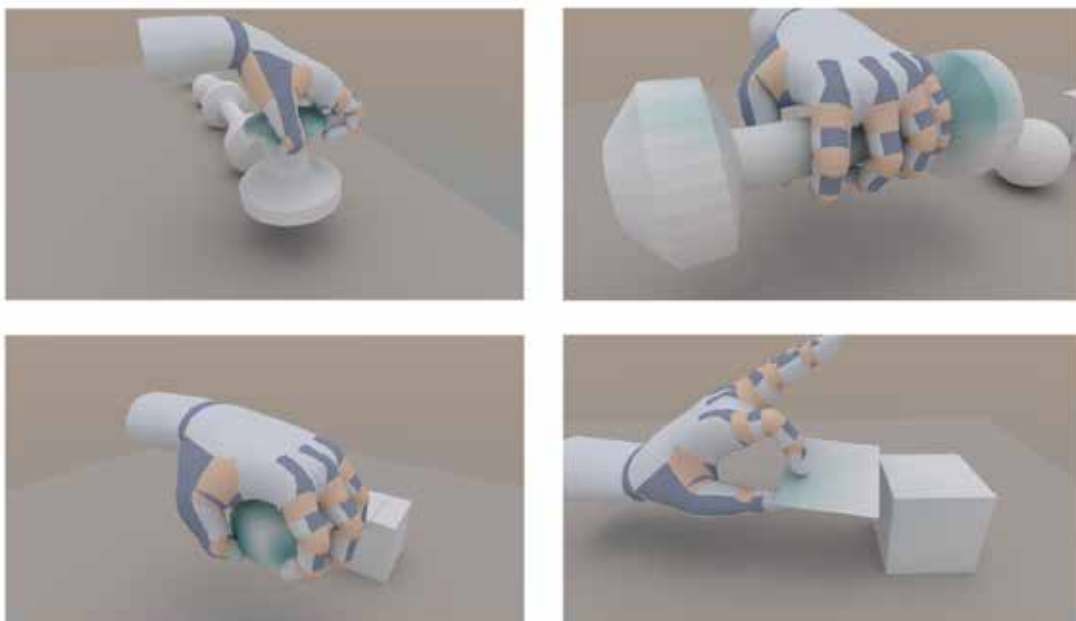
Приложение А1. Полученные данные физического тестирования

	1-А			1-Б				1-В	2-А							2-Б		
	диаметр	возраст	пол	1-время	2-время	1-сложность	2-сложность	удобство	1	2	3	4	5	6	7	АВС-пласт	эластичность	силикон
1	209	26	муж	120	16	1	3	1	4	4	да	да	3	да	да	3	1	3
2	170	25	муж	100	34	1	2	1	да	да	да	4	да	да	да	1	1	1
3	190	38	жен	92	36	2	3	1	2	4	4	4	да	да	да	4	1	1
4	118	20	муж	102	29	2	3	2	да	да	2	да	да	да	1	2	1	2
5	143	19	жен	45	16	4	4	2	да	2	4	да	да	да	да	4	1	1
6	154	43	жен	120	56	2	3	2	2	да	да	да	да	да	да	4	1	2
7	150	20	жен	90	39	3	3	2	2	2	да	да	да	да	да	1	1	1
8	171	53	жен	70	33	2	3	2	4	да	4	да	да	да	да	4	1	2
9	151	30	муж	41	45	2	2	1	2	2	2	2	да	да	да	3	1	4
10	173	28	муж	83	51	1	1	1	2	2	да	да	да	да	да	3	1	4
11	147	26	жен	71	71	2	2	1	2	2	да	да	да	да	да	4	1	4
12	170	23	муж	48	30	2	2	1	2	да	2	да	да	да	да	2	1	1
13	155	25	жен	58	24	2	2	1	4	4	да	4	да	да	да	4	1	4
14	170	30	муж	40	38	1	2	2	2	2	да	да	да	да	4	4	3	1
15	210	45	муж	89	13	2	3	1	4	2	4	да	3	да	да	4	1	4
16	172	24	муж	30	27	3	3	1	да	да	2	да	1	да	да	1	1	1
17	170	22	муж	125	60	1	1	1	2	2	2	2	да	да	да	4	1	1
18	160	40	жен	205	102	2	3	1	2	2	да	да	да	да	да	4	1	2
165,7222				84,94	40													
						1 - очень сложно 2 - сложно 3 - не очень сложно 4 - легко			1. длина изделия 2. длина ремешка 3. длина части ремешка для размещения модуля платы 4. максимальная высота изделия 5. толщина ремешка (минимальная высота изделий) 6. ширина изделия 7. общая масса изделия						1 - эластичный/хрупкий/твёрдый 2 - достаточно эластичный 3 - не достаточно эластичный 4 - не эластичный			

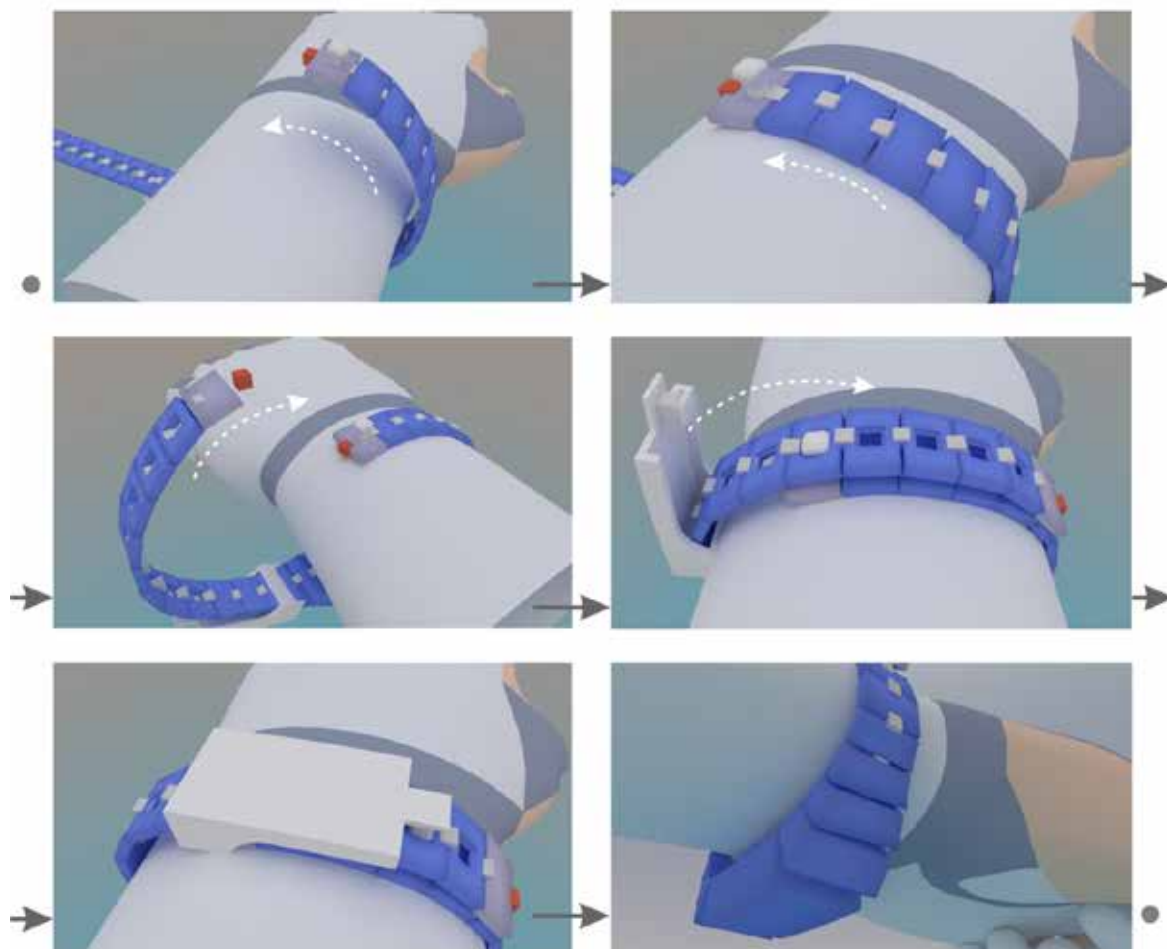
3-А					3-Б			другие отзывы	
фик-ий эл.	модуль платы	заклёпка			идея	форма	эстетика	комментарии	
1	2	3	4	5					
да	да	да	да	да	2	3	2		
да	да	да	нет	нет	3	3	3		утолщающие элементы на концах ремешка
да	да	да	да	да	3	3	3		другой материал ремешка
да	да	да	нет	нет	3	3	2		фик-ий элемент выскочивает из ремешка, крепежный плохо вставляется в отверстие
нет	да	да	да	да	1	2	0		
да	да	да	да	да	3	3	3		
да	да	да	нет	нет	3	2	2		сделать разнообразный дизайн
нет	да	да	да	нет	3	3	2		как украшение
да	да	да	да	да	3	3	2		немного громоздкой
нет	да	да	да	да	3	3	2		не очень красивый
									ремень поменять и застёжку
да	да	да	нет	нет	3	2	2		переход от платы к ремешку, требуется доработка
да	да	да	да	да	3	3	3		ремешком удобней пользоваться не под заклёпкой, утолщая её вместе с собой, а над ней, чтобы часть с заклёпкой прижать, а хвостик вкрутить. Ремешок скользит!
да	да	да	да	да	3	3	3		чтобы застёгнуть браслет, требуется силовка. лучше бы пересмотреть способ застёгивания браслета
да	да	да	да	да	2	3	3		Дополнить - датчик сердечного ритма, гофра в зоне датчика, разнообразие цвета
да	да	да	да	нет	3	3	2		
да	да	да	да	да	2	3	1		не возникает желания приобрести
да	нет	да	да	да	2	2	2		
да	да	да	да	да	3	2	2		есть что исправить в ремешке
1. Легко фиксируется на ремешке 2. Легко помещается в форму ремешка 3. Нажатие кнопки тактильно ощущается 4. Легко продвигается в отверстие силиконовой формы 5. легко оставляется в ряд отверстий для фиксации длины					среден оценок (3х балльная оценка)				

Приложение В1. Виртуальное тестирование процесса застёгивания браслета

Апробация захвата «твердых» объектов манипулятором (рукой).

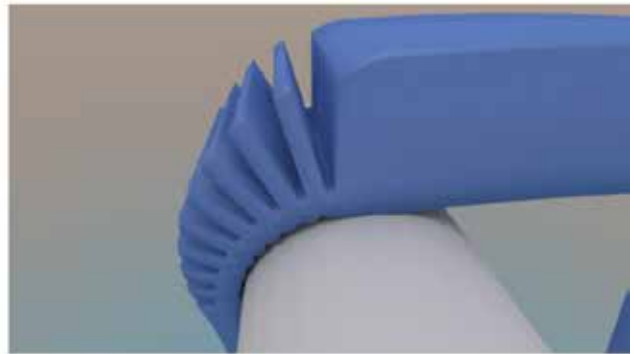
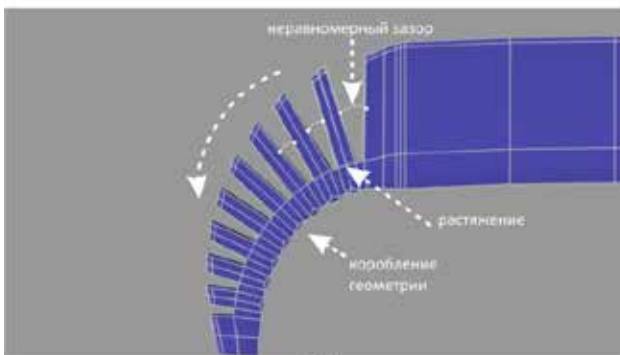


Апробация последовательности затягивания браслета.

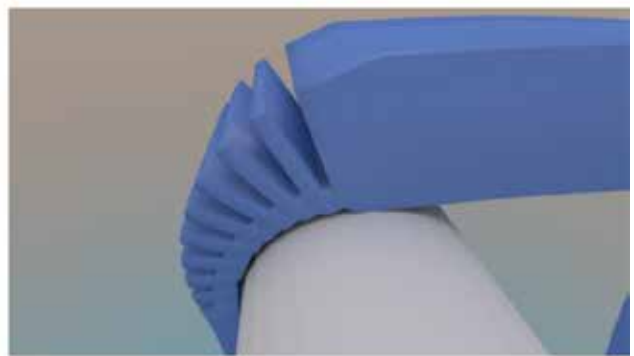
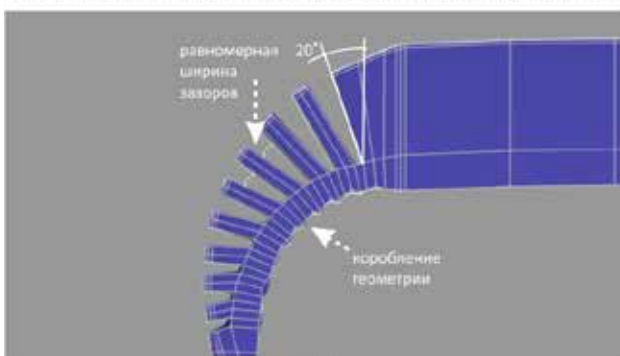


Приложение С1. Виртуальное тестирование сгиба модели с гофрированием

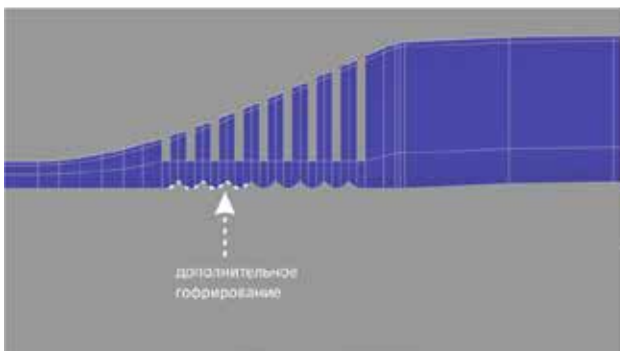
Симуляция модели с гофрированием. Надрезы под 90°



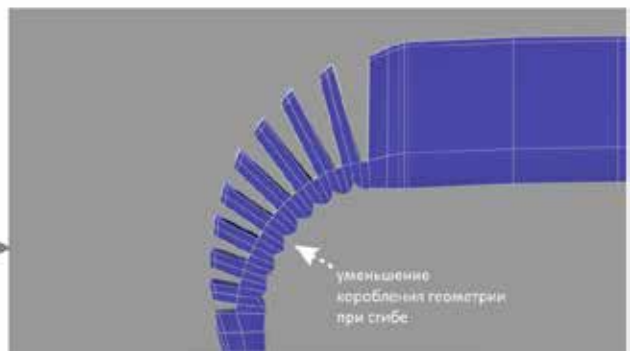
Симуляция модели с гофрированием. Надрезы под 20°



Внесение дополнительного гофрирования



Симуляция с дополнительным гофрированием



Приложение D1. Окончательное дизайн-решение браслета «Спинор-Эйр» скорректированное на основе результатов виртуального и физического тестирования. Визуализация.



Приложение Е1. Окончательное дизайн-решение браслета «Спинор-Эйр» скорректированное на основе результатов виртуального и физического тестирования. Основные элементы.

