

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 54.04.01 Дизайн
 Отделение (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО БРАСЛЕТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 004.93'12:621.384:614.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ91	Гуменникова Александра Владимировна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Бекишева Татьяна Геннадьевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Кухта Мария Сергеевна	д.ф.н., профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень
ОПК(У)-2	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Готовность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ
ОПК(У)-4	Способность вести научную и профессиональную дискуссию
ОПК(У)-5	Готовность проявлять творческую инициативу, брать на себя всю полноту профессиональной ответственности
ОПК(У)-6	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, непосредственно не связанных со сферой деятельности
ОПК(У)-7	Готовность к эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с направленностью (профилем) программы)
ОПК(У)-8	Готовность следить за предотвращением экологических нарушений
ОПК(У)-9	Способность социального взаимодействия, самоорганизации и самоуправления системно-деятельностного характера, к активному общению в творческой, научной, производственной и художественной жизни
ОПК(У)-10	Готовность участвовать в творческих мероприятиях (художественных выставках, дизайнерских конкурсах).
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Готовность демонстрировать навыки научно-исследовательской деятельности (планирование научного исследования, сбор информации и ее обработки, фиксирования и обобщения полученных результатов), способность представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных художественных средств редактирования и печати, а также владеть опытом публичных выступлений с научными докладами и сообщениями

ПК(У)-2	Способность к определению целей, отбору содержания, организации образовательной деятельности, выбору образовательных технологий, оценке результатов, ориентированностью на разработку и внедрение инновационных форм обучения с помощью компьютерной техники, создание авторских программ и курсов
ПК(У)-5	Готовность синтезировать набор возможных решений задач или подходов к выполнению проекта, способностью обосновывать свои предложения, составлять подробную спецификацию требований к проекту и реализовывать проектную идею, основанную на концептуальном, творческом подходе, на практике
Дополнительно сформированные профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Готовность демонстрировать наличие комплекса информационно-технологических знаний для оценки технологичности проектно-конструкторских решений, проведения опытно-конструкторских работ и продвижения творческого продукта на рынке товаров и услуг
ДПК(У)-2	Способность к трансформации творческих идей, результатов научных исследований и внедрению их в практику за счет организации работы творческого коллектива при определении оптимальных решений производственного процесса в условиях обеспечения безопасности труда
ДПК(У)-3	Способность к системному пониманию художественно-творческих задач проекта, владение навыками линейно-конструктивного построения и основами академической живописи и скульптуры для проявления своей творческой индивидуальности

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 54.04.01 Дизайн
 Уровень образования - магистратура
 Отделение (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения - осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 04.06.2021

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.11.20	Утверждение плана-графика, формулировка и уточнение темы, проведение патентного поиска и выявление аналогов	5
02.12.20	Формулировка научной проблемы. Научно-исследовательская часть- первый и второй разделы ВКР	20
25.03.21	Проектно-художественная часть- третий раздел ВКР	15
11.05.21	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
11.05.21	Раздел на иностранном языке	10
14.05.21	Раздел «Социальная ответственность»	10
03.06.21	Оформление графического материала	20
04.06.21	Нормоконтроль текста	10
ИТОГО		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 54.04.01 Дизайн
 Отделение (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Кухта М.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерская диссертация

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ91	Гуменниковой Александре Владимировне

Тема работы:

Специфика разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 46-22/с от 15.02.2021
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Цель научного исследования: выявление специфики разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах.</p> <p>Объект научного исследования: электронный браслет для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах.</p> <p>Предмет научного исследования: система требований разработки смарт-браслета и классифицирование их в зависимости от специфики и условий применения. Объектом проектирования</p>
---------------------------------	--

	<p>является смарт-браслет. Смарт-браслет - индивидуальное носимое устройство, обеспечивающее телеметрию и гео-позиционирование с передачей снимаемых параметров в систему по беспроводным каналам передачи данных.</p> <p>Объект дизайн – проектирования: электронный браслет для сотрудников горнодобывающей промышленности.</p> <p>Область применения: горные карьеры.</p> <p>Требования: устройство должно быть оснащено системой оповещения о тревоге, вибрационной, световой и звуковой индикацией, GPS, Bluetooth, Wi-Fi антеннами.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>Аналитический обзор по литературным источникам: обзор научных статей и патентов, по теме электронных браслетов. Изучение требований, технических и конструктивных характеристик.</p> <p>Основная задача проектирования: применение исследований и экспериментов в процессе дизайн-проектирования смарт-браслета</p> <p>Содержание процедуры проектирования:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. выявление специфики работы горнодобывающего производства; 2. описание функциональных и конструктивных требований к смарт-устройству; 3. классификация функциональных характеристик в соответствии со степенью важности; 4. разработка смарт-браслета в соответствии с классификацией и требованиями конкретного пользователя в условиях будущего применения устройства.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Эскизы концептуальных решений, чертежи деталей, демонстрационный ролик, презентационный материал, два демонстрационных планшета формата А0.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Верховская Марина Витальевна, канд. экон. наук, доцент ОСГН ШБИП</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Федоренко Ольга Юрьевна, д.м.н., профессор ООД ШБИП</p>
<p>Приложение А. Раздел магистерской диссертации на иностранном языке</p>	<p>Бекишева Татьяна Геннадьевна, ст. преподаватель ОИЯ ШБИП</p>

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

Проектно-художественная часть

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

15.02.2021

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ91	Гуменникова А.В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ91	Гуменниковой Александре Владимировне

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	54.04.01 Дизайн

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; исследование и изучение конкурентных аналогов.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, QuaD-анализ, анализ конкурентных решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	-Расчет интегральный показатель ресурсоэффективности разработки; - Расчет интегрального показателя эффективности; - Расчет сравнительной эффективности вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к. э. н		01.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ91	Гуменникова Александра Владимировна		01.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ91	Гуменниковой Александре Владимировне

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

Тема ВКР:

Специфика разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Предметом исследования является система требований разработки смарт-браслета и классифицирование их в зависимости от специфики и условий применения. Объектом проектирования является смарт-браслет. Смарт-браслет - индивидуальное носимое устройство, обеспечивающее телеметрию и гео-позиционирование с передачей снимаемых параметров в систему по беспроводным каналам передачи данных. Область применения: горные карьеры.

Рабочее место дизайнера – помещение офисного типа площадью 30 м². В холодное время года используется водяное отопление. Вентиляция – естественная. В помещении совмещенный тип освещения. Работа осуществляется на индивидуальном рабочем месте с использованием персонального компьютера.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
- СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
- ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,

	<p>общественных зданий и на территории застройки.</p> <ul style="list-style-type: none"> – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность.
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонения показателей микроклимата; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность; – психофизические факторы (монотонность труда, нервно-психические перегрузки, перенапряжение зрительных анализаторов). <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенное значение напряжения в электрических цепях; – поражение электрическим током; – короткое замыкание; – статическое электричество.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Угроза воздействия на литосферу появляется при утилизации электронных устройств.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные чрезвычайные ситуации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар; – гроза; – ураган; – оползень. <p>Наиболее типичная чрезвычайная ситуация:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		01.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ91	Гуменникова А.В.		01.03.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 123 страницы, 34 рисунка, 22 таблицы, 50 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: промышленный дизайн, электронное устройство, смарт-браслет, технологические требования, конструктивные требования, безопасность на производстве.

Предметом исследования является система требований разработки смарт-браслета и ее классификация в зависимости от специфики и условий применения. Электронное устройство смарт-браслет представляет собой носимый браслет для индивидуального использования сотрудником горнодобывающей службы.

Цель работы – выявление специфики разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах.

В процессе исследования проводились Исследование специфики разработки электронных устройств для обеспечения корректной работы в промышленных условиях.

В результате исследования была составлена классификация требований, предъявляемых к смарт-браслету и предложен дизайн устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: устройство оснащено системой оповещения о тревоге, вибрационной, световой и звуковой индикацией, GPS, Bluetooth, Wi-Fi антеннами.

Область применения: горные карьеры.

В будущем планируется проведение испытаний на месте применения устройств, получение данных о проведении испытания, разработка второй версии смарт-браслета.

Оглавление

Введение.....	15
1 Научно-исследовательская часть.....	17
1.1 Изучение существующих аналогов смарт-браслета в интернет-источниках.....	18
1.2 Поиск и анализ научных статей по темам, близким к индивидуальным носимым устройствам.....	20
1.3 Патентный обзор электронных браслетов и подобных устройств.....	22
2 Проектно-художественная часть.....	28
2.1 Требования, предъявляемые к смарт-браслету.....	30
2.1.1 Описание поведенческой модели пользователя.....	30
2.1.2 Определение функциональных характеристик устройства.....	31
2.1.3 Определения необходимых конструктивных элементов.....	33
2.2 Поведение светодиодной индикации.....	36
2.3 Методы формообразования.....	37
2.4 Разработка дизайн-решений.....	38
2.5 Вывод по главе.....	40
3 Разработка художественно-конструкторского решения.....	42
3.1 Разработка верхней части устройства.....	44
3.2 Разработка средней части устройства.....	45
3.3 Разработка нижней части устройства.....	47
3.4 Автоматизированное создание чертежей: подбор и сравнение программ	49
3.5 Материал и особенности технологий производства.....	60
3.6 Сборка составляющих смарт-браслета в готовое изделие.....	64

4	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
4.1	Технология QuaD	69
4.2	Структура работ в рамках научного исследования	70
4.3	Определение трудоемкости выполнения работ	71
4.4	Разработка графика проведения научного исследования	72
4.5	Расчет материальных затрат НТИ	76
4.5.1	Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ	77
4.5.2	Основная заработная плата исполнителей темы	79
4.5.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	81
3.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	81
4.5.5	Накладные расходы	82
4.6	Определение ресурсоэффективности исследования	83
4.6.1	Интегральный показатель ресурсоэффективности	84
4.7	Итоги раздела	86
5	Социальная ответственность	88
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	88
5.1.2	Требования к организации рабочих мест	89
5.1.3	Организационные вопросы обеспечения безопасности	89
5.2	Производственная безопасность	90
5.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	91
5.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных и опасных факторов на исследователя (работающего)	98

5.3 Экологическая безопасность	100
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	100
5.5 Выводы по разделу	102
Заключение	103
Список литературы	104
Приложение А (Справочное) Раздел магистерской диссертации на иностранном языке	109
Приложение Б (Справочное) Конструкторская документация	123

Введение

Современные устройства служат не только для развлечения людей, но и для обеспечения безопасности рабочих на больших производствах [1]. Браслет, оснащенный функцией оповещения сотрудников, может сохранить жизнь и здоровья в опасных производственных ситуациях. Создание такого гаджета – продукт работы многих специалистов: программистов, электротехников, дизайнеров. При разработке подобного устройства дизайнер осуществляет необходимые этапы проектирования для создания устройства, соответствующего запросам будущего пользователя.

Предметом исследования является система требований разработки смарт-браслета и ее классификация в зависимости от специфики и условий применения. Смарт-браслет - индивидуальное носимое устройство кистевого исполнения, обеспечивающее телеметрию и гео-позиционирование с передачей снимаемых параметров по беспроводным каналам передачи данных [2].

Разнообразие аналогичных продуктов на рынке приводит к осмыслению проблемы подбора устройства для использования в определённых условиях определённой целевой аудиторией.

Целью работы является выявление специфики разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах.

Для достижения цели планируется выполнить следующие задачи:

1. изучить существующие аналоги, научные статьи и патенты по теме электронных браслетов;
2. определить требования, предъявляемые к смарт-браслету;
3. спроектировать электронный браслет.

Актуальность темы исследования обеспечивается запросом руководства горнодобывающей компании на поставку комплекса, способного детектировать опасность и оповестить рабочих, в случае возникновения критических ситуаций [3]. Опасность для сотрудников производства заключается в работе в непосредственной близости от крупногабаритной техники, что нередко

приводит к серьезным травмам с угрозой для жизни.

Новизну исследования планируется обеспечить следующим:

1. выявление специфики работы горнодобывающего производства путем описания поведенческой модели пользователя;
2. описание функциональных и конструктивных требований к смарт-устройству, основанные на особенностях специфики работы;
3. классификация функциональных характеристик в соответствии со степенью важности.

1 Научно-исследовательская часть

В процессе дизайн-проектирования специалист часто опирается на уже созданные изобретения, видоизменяя и модернизируя существующие аналоги. Это позволяет заложить в проект новые функции, создать более современный внешний вид корпуса устройства или удешевить производство. В целом, сделать конкурентноспособный продукт.

При проектировании смарт-браслета для сотрудников горнодобывающей промышленности появилась необходимость изучения опыта коллег, существующих аналогов, статей и патентов, чтобы создать продукт, соответствующий запросам пользователей и выгодно отличающийся на рынке [4].

Для начала следует рассмотреть аналоги в интернет-пространстве, браслеты и часы, доступные для покупки и изделия, созданные для конкретных организаций. Следующим этапом предлагается рассмотреть и проанализировать статьи, изданные в научных журналах. Постепенно проработав вопросы, связанные с функциональными особенностями рассмотренных устройств, следует произвести патентный поиск. По завершении работы предполагается определить наиболее важные характерные функциональные особенности устройств и определить их как необходимые в дальнейшем проектировании смарт-часов для рабочих угольных карьеров.

Таким образом, задачи первой главы магистерской работы обозначены в следующем порядке:

1. изучение существующих аналогов смарт-браслета в интернет-источниках;
2. поиск и анализ научных статей по темам, близким к индивидуальным носимым устройствам;
3. патентный обзор электронных браслетов и подобных устройств.

1.1 Изучение существующих аналогов смарт-браслета в интернет-источниках

Первым этапом работы над поставленными задачами является изучение существующих аналогов смарт-браслета в интернет-источниках.

Прямых аналогов у продукта не много, поэтому было принято решение рассматривать смарт-браслеты и фитнес-часы для старшего и младшего поколений. Аналогов, схожих по некоторым необходимым требованиям, на рынке в избытке. Это связано с обширной целевой аудиторией: слои населения, которые нужно защищать или предотвращать какие-либо опасные ситуации, а именно пожилые люди и дети.

Также предполагается обращать внимание на варианты исполнения форм-факторов существующих аналогов, рассмотреть преимущества альтернативных вариантов исполнения. Таким образом, в наглядной форме представлена таблица 1 с названием аналога, внешним видом, и другими характеристиками.

Таблица 1 – Сравнение аналогов, представленных на рынке

Название	Внешний вид	Внешний вид	Цена	Функциональные характеристики						
				Звуковой оповещатель	Передача голосовых данных	Оповещение о чрезвычайной ситуации	Биометрия	GPS	Биометрия	Визуальная индикация
Прямой аналог										
Стрелец [5]		55×45×18 мм	3000р	+	-	+	-	+	IP66	Экран
Непрямые аналоги										
Устройства для пожилых людей										
Аimoto Amulet [6]		46×42×10мм	4000р.	-	-	+	+	+		-

Продолжение таблицы 1 — Сравнение аналогов, представленных на рынке

Название	Внешний вид	Внешний вид	Функциональные характеристики							
				Звуковой оповещатель	Передача голосовых данных	Оповещение о чрезвычайной ситуации	Биометрия	GPS	Биометрия	Визуальная индикация
SAFE LIFE [7]		45x35x10мм	Нет данных	+	+	+	+	+	IP65	Светодиод
Zodiak [8]		50 x 30 x 15 мм	4000руб	-	-	-	-	+		-
Redmond RFT-08S [9]		37x37x7	500р	-	-	-	-	+		-
Браслет Кнопка Жизни [10]		35x26x7 мм	700р.	+	+	+	+	+		-
Кулон Кнопка жизни [11]		47x30x8мм	500р.	-	-	+	-	+		Светодиод
Устройства для детей										
KizON LG [12]		34,7 x 55,2 x 13,9 мм	1400р.	-	-	-	-	+		-
Carcam [13]		54x34x12мм	1100р.	+	+	-	+	+	IP55	Экран

Рассмотрев представленные аналоги, можно отметить общую черту устройств - производители обращают внимание скорее на техническую сторону устройства, эстетическая сторона и дизайн отходят на второй план.

Все смарт-часы обладают возможности отслеживания местоположения владельца. Можно сделать вывод, что эта функция является самой важной и необходимой для реализации проекта.

У рассмотренных смарт-браслетов схожая функциональность, однако многие браслеты не защищены от воды и пыли. Это важно для индивидуальных носимых устройств, так как при отсутствии защиты от влаги и пыли браслеты более подвержены внешним факторам, и, как следствие, поломке. Более полную картину о необходимых функциональных характеристиках можно будет сделать, изучив статьи и патенты по схожим темам.

1.2 Поиск и анализ научных статей по темам, близким к индивидуальным носимым устройствам

Для осуществления поиска научных статей было принято решение обратиться к сервису «elibrary». После авторизации на сайте в строке поиска были введены ключевые слова «электронный браслет», «Смарт-браслет».

В начале исследования было решено начать с теоретической базы. Произведен анализ научной статьи, опубликованной в научно-методическом электронном журнале «Концепт» Романовой Светланой Владимировной «Практика применения электронных браслетов: история и современность». В данной статье описывается ношение электронных браслетов с юридической и психологической точек зрения. Данное исследование дало новые входные данные для проектирования смарт-браслета: устройство должно быть комфортным при длительной носке, а также иметь эстетичный внешний вид, в иной ситуации это может приравняться к «клеймению людей и нарушает основные права человека, гарантированные Конституцией РФ» [14].

Применение смарт-браслетов в лечебных учреждениях применяется для

диагностирования изменений в пульсе и температуре кожных покровов. Эти данные также важны в условиях горнодобывающей промышленности, так как в условиях высоких физических нагрузок важно следить за биометрическими показателями. Статья Н. В. Кондратовой, опубликованная в журнале «Медицинские информационные системы» под названием «Использование электронных идентификационных браслетов как инструмент повышения безопасности пациента в л ПУ» объясняет, что «ошибки идентификации пациентов представляют собой реальную угрозу безопасности пациента в медицинских учреждениях. Они могут приводить к неумышленному причинению вреда здоровью больного.» Далее в статье описывается прогресс в лечении пациентов, более быстром диагностировании и выздоровлении пациентов в условиях использования смарт-браслетов [15].

Цель следующей рассмотренной статьи звучит как «Определение возможности осуществления объективного контроля функционального состояния горноспасателя в сложных микроклиматических условиях.» Данная статья интересна как наиболее близкая по теме к проектируемому смарт-браслету для работников угольных карьеров. Практическая значимость работы – «внедрение системы объективного контроля функционального состояния горноспасателя позволит своевременно реагировать на ухудшение показателей основных физиологических функций организма и осуществить соответствующие меры по сохранению жизни и здоровья горноспасателей.» В результате работы авторами установлены наиболее перспективные модели устройств, определяющих и регистрирующих показатели основных физиологических функций организма горноспасателя, таких как частота пульса и его вариабельность, артериальное давление, температура тела, а также устройств приема-передачи и обработки информации, способных функционировать в сложных микроклиматических условиях и не пригодной для дыхания среде.

1.3 Патентный обзор электронных браслетов и подобных устройств

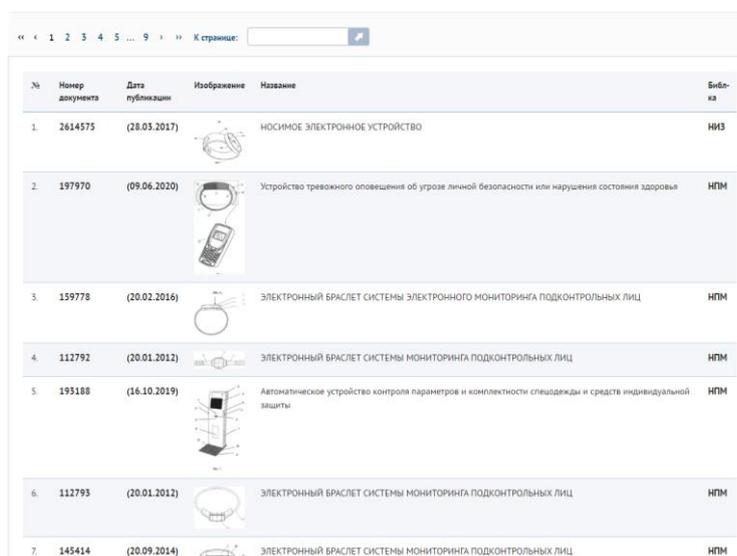
Завершающим этапом научного поиска является рассмотрение действующих патентов. Для поиска используются сервисы Роспатент, Google Scholar, Федеральный институт промышленной собственности.

Сервис выдал 437 документов по запросу «электронный браслет».

Выбранные поисковые базы (количество найденных документов):

- Рефераты российских изобретений (РИ) (9)
- Заявки на российские изобретения (ЗИЗ) (48)
- Полные тексты российских изобретений из трех последних бюллетеней (НИЗ) (303)
- Формулы российских полезных моделей (ФПМ) (25)
- Формулы российских полезных моделей из трех последних бюллетеней (НПМ) (51)
- Перспективные российские изобретения (ПИ) (1)

Результат поиска представлен на рисунке 1.



№	Номер документа	Дата публикации	Изображение	Название	Библиока
1.	2614575	(28.03.2017)		НОСИМОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО	НИЗ
2.	197970	(09.06.2020)		Устройство тревожного оповещения об угрозе личной безопасности или нарушения состояния здоровья	НПМ
3.	159778	(20.02.2016)		ЭЛЕКТРОННЫЙ БРАСЛЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА ПОДКОНТРОЛЬНЫХ ЛИЦ	НПМ
4.	112792	(20.01.2012)		ЭЛЕКТРОННЫЙ БРАСЛЕТ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДКОНТРОЛЬНЫХ ЛИЦ	НПМ
5.	195188	(16.10.2019)		Автоматическое устройство контроля параметров и комплектности слешдежды и средства индивидуальной защиты	НПМ
6.	112793	(20.01.2012)		ЭЛЕКТРОННЫЙ БРАСЛЕТ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДКОНТРОЛЬНЫХ ЛИЦ	НПМ
7.	145414	(20.09.2014)		ЭЛЕКТРОННЫЙ БРАСЛЕТ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДКОНТРОЛЬНЫХ ЛИЦ	НПМ

Рисунок 1 — Результаты поиска в ФИПС

Помимо медицины есть еще одна сфера, в которой используются смарт-браслеты — это Федеральная служба исполнения наказаний. Патент полезной модели «Электронный браслет системы мониторинга подконтрольных лиц» авторов Мартынова Н. В., Халамана А. Б., Гиль А. С. [16].

«Полезная модель позволяет соблюсти безопасность для здоровья подконтрольного лица, исключить возможность неконтролируемого снятия и вскрытия и быть относительно недорогой в изготовлении и обслуживании.»

Далее электронный браслет сокращается как ЭБ.

«В графических материалах конструктивные элементы электронного браслета системы мониторинга подконтрольных лиц обозначены следующими позициями:

ЭБ содержит: герметичный полимерный корпус, крышку, полимерный (эластичный) ремень с датчиком целостности ремня, 2 крышки-пломбы, 4 гайки.

Разрыв или удаление ремня приводит к срабатыванию датчика и генерации сообщения на сервер системы электронного мониторинга подконтрольных лиц (СЭМПЛ).

Ремень в своей конструкции имеет специальный изгиб, который обеспечивает более плотное прилегание ЭБ к лодыжке подконтрольного лица, что создает удобство при ношении.»

Рассмотрение этого патента позволило понять, что установка RFID-чипа позволит использовать браслет в качестве индивидуального пароля для сотрудника, это сократит скорость на регистрацию на заступление на смену. Также, было отмечено, что гипоаллергенные материалы важны при массовом производстве для людей с высокой физической активностью.

Далее предлагается рассмотреть патент полезной модели, принадлежащий Нутфуллину Надиру Харуновичу, «Устройство тревожного оповещения об угрозе личной безопасности или нарушения состояния здоровья» [17].

В работе говорится об эффекте Зеебека. Эффект Зеебека состоит в том, что в замкнутой цепи, состоящей из разнородных проводников, возникает термо-ЭДС, если места контактов поддерживают при разных температурах. Цепь, которая состоит только из двух различных проводников, называется термоэлементом или термопарой.

«Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в

том, что источник питания устройства инициации тревожного сигнала дополнен термоэлектрогенератором, например, использующим эффект Зеебека. Таким образом, решается проблема неожиданного отключения устройства из-за разрядки аккумулятора. Термоэлектрогенератор, в процессе эксплуатации устройства, постоянно подзаряжает аккумулятор, и он, в идеале, не нуждается в подзарядке от стороннего источника питания.»

Обзор данного документа позволил взглянуть на работу устройства под новым углом. Была рассмотрена возможность сокращения функционала устройства за счет использования дополнительного гаджета – мобильного телефона. В таком случае, габариты создаваемого устройства будут уменьшены, а что будет дополнительным преимуществом в эргономике браслета.

Однако, от этого решения было принято отказаться, так как дополнительное устройство, мобильный телефон, послужит дополнительным препятствием для работы с тяжелыми инструментами, а также будет риск испортить целостность устройства.

Следующим рассмотренным материалом является патент на полезную модель «Устройство тревожной сигнализации на базе системы пульсометрии со встроенной системой GPS/ГЛОНАСС-навигации». Автор Завгородний Сергей Валентинович [18].

«Заявляемая полезная модель относится к области портативных биомедицинских измерительных приборов, регистрирующих сердечный ритм человека, и отличается наличием реализованных в программном обеспечении прибора алгоритмов идентификации экстремальных состояний человека и возможностью автоматической передачи по беспроводным каналам связи сигнала тревоги с указанием текущих географических координат и положения тела человека в случае наступления одного из экстремальных состояний.

Задачей заявляемой полезной модели является реализация портативного, помехоустойчивого, стабильного и эффективного устройства беспроводной тревожной сигнализации, основанной на непрерывном мониторинге сердечного ритма человека и отправки сигнала тревоги по беспроводным каналам связи в

случае наступления недопустимого состояния.

Указанная задача решается посредством разработки радиоэлектронного устройства, состоящего из блока измерения сердечного ритма, основанного на оптическом методе измерения пульса с запястья человека парой излучатель-фотоприемник в режиме отражения; микроконтроллера, реализующего алгоритмы цифровой обработки сигнала и идентификации экстремальных состояний человека; модуля GPS/ГЛОНАСС-навигации; вибро-акселерометра; модулей беспроводной связи.»

Данная работа позволила взглянуть на устройство в целом, и отметить, что для улучшения работы сотрудников можно связать место и состояние работника. Это позволит выявить зоны, в которых сотрудники чувствуют себя хуже обычного. Это даст информацию для последующего улучшения рабочих условий.

«Персональное устройство для автоматизированного мониторинга параметров сердечно-сосудистой системы с возможностью экстренного оповещения в случае возникновения критических ситуаций» - патент Медведева Дмитрия Сергеевича [19].

«Полезная модель относится к области медицины, конкретно к персональным устройствам для автоматизированного мониторинга параметров сердечно-сосудистой системы с возможностью экстренного оповещения в случае возникновения критических ситуаций.

Устройство включает в себя: микроконтроллер, реализующий функции первичной цифровой обработки сигналов, интерфейс пользователя и протокол обмена данными с внешними устройствами; аналоговую схему, реализующую функции фильтрации и усиления сигналов, полученных с датчика пульсовой волны, отвечающего за измерение зависимости кровенаполнения артерий (сосудов) от времени; электроды, предназначенные для регистрации электрических потенциалов на поверхности кожи; датчик ускорения, измеряющий линейные ускорения вдоль трех взаимно перпендикулярных осей пространства.

Он позволяет отслеживать двигательную активность пользователя устройства; блок передачи данных, отвечающий за обмен данными с внешними устройствами: персональным компьютером, мобильным телефоном, планшетным компьютером и удаленным Интернет-сервером.»

В данной работе было отмечено следующее техническое преимущество: устройство сохраняет биометрические данные в течении 7 дней, это позволит, в случае недомогания человека, узнать его состояние до возникновения острых симптомов.

Было принято решение о рассмотрении альтернативных вариантов исполнения устройства с целью выявления возможных дополнительных функциональных особенностей или изменения конструкции.

«Способ и устройство для выдачи сигнала тревоги» - патент изобретателя Кечичан Патрика из Нидерландов [20].

«Предложен способ и устройство для выдачи сигнала тревоги по запросу от человека. Человек носит устройство, которое прикреплено с помощью средства для прикрепления к запястью или другой части тела. Тяговое усилие от человека, воздействующее на устройство, вызывает изменение электрической характеристики компонента, включенного в устройство. Изменение электрической характеристики измеряется и при обнаружении приводит к активации сигнала тревоги. (рисунок 2)»

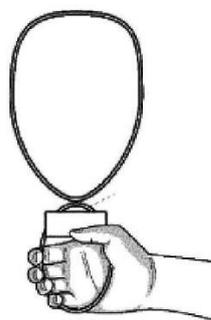


Рисунок 2 — Изображение изобретения

Рассмотренный вариант исполнения устройства имеет преимущества при статичной работе с тяжелыми инструментами: устройство не сковывает

движения запястья, не ограничивает повороты и махи. Однако, при активных движениях тела, устройство, располагающееся на груди, будет препятствовать комфортной работе, отвлекать рабочего.

Таким образом, была получена информация о плюсах и минусах задуманного форм-фактора смарт-браслета, что позволит в дальнейшем знать о возможных проблемах и своевременно их решать.

В первой главе магистерской работы было произведено изучение существующих разработок и концепций. Были выполнены следующие задачи:

1. изучение существующих аналогов смарт-браслета в интернет-источниках;
2. поиск и анализ научных статей по темам, близким к индивидуальным носимым устройствам;
3. патентный обзор электронных браслетов и подобных устройств.

Полученная информация дала представление о конкурентных продуктах, их достоинствах и недостатках. Спроектированное устройство должно выгодно отличаться от рассмотренных изобретений за счет модернизации функций и проработанного дизайна.

2 Проектно-художественная часть

Для создания представления о работе смарт-браслета, требуется описать весь комплекс.

Комплекс — это два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Задача каждого из специфицированных изделий в составе комплекса — обеспечить реализацию одной или нескольких функций комплекса.

В данном случае комплекс состоит из четырех датчиков, Bluetooth-детектора и смарт-браслета (рисунок 4).



Рисунок 4 — Наглядное представление состава комплекса

Комплекс предназначен для ношения сотрудниками браслета и установки датчиков и детектора в БелАЗе.

БелАЗ-75710 — полноприводный двухосный карьерный самосвал грузоподъемностью 450 тонн производства Белорусского автомобильного завода. Представлен в сентябре 2013 года, а в январе 2014 года установил рекорд Гиннеса в странах Европы и СНГ, провезя по испытательному полигону груз весом в 503,5 тонны. Масса: 360 000 кг. Машина может развивать скорость до 64 км/ч. Высота: 8,26 м (сопоставимо с высотой трехэтажного дома).

Водитель, находящийся на высоте 8 метров от земли, не всегда может увидеть человека, находящегося внизу (рисунок 5). Комплекс создан для того,

чтобы не допускать ситуации транспортных происшествий с участием крупногабаритных машин и людей.



Рисунок 5 — Фотографии БелАЗа

Четыре датчика крепятся по периметру БелАЗа (рисунок 6). Bluetooth-детектор устанавливается в кабину, недалеко от водителя, и принимает информацию с датчиков.



Рисунок 6 — Схематичный чертеж БелАЗа сверху с расположением датчиков (датчики обозначены красными точками)

Датчики, находящиеся по периметру, детектируют расстояние от машины до сотрудников, на которых надеты смарт-браслеты. Если сотрудник находится в пределах 50 метров до БелАЗа, на его браслете срабатывает индикация (звуковая, вибрационная и светодиодная). Водитель получает уведомление на Bluetooth-детектор: загорается светодиод и раздаётся звуковое оповещение. Таким образом, оба сотрудника узнают о возможности наступления чрезвычайного происшествия и могут предпринять действия для того, чтобы его не допустить.

В случае иных непредвиденных обстоятельств на горных карьерах

(оползни, ураганы, грозы), все сотрудники предупреждаются немедленно посредством индикации на браслете.

2.1 Требования, предъявляемые к смарт-браслету

Для формирования требований пользователя следует описать поведенческую модель [21].

2.1.1 Описание поведенческой модели пользователя

Первым этапом описания поведенческой модели пользователя является определение жизненного цикла устройства. После этапа проектирования и производства устройство попадает к заказчику, и первый этап обозначен как прием отделом снабжения на стороне заказчика. Далее происходит внедрение устройств. По завершении процесса внедрения начинается работа специалистов с использованием комплекса. Данный этап самый продолжительный и важный для потребителя. Завершающим этапом служит вывод из эксплуатации.

Поведенческая модель пользователя:

Далее приводится полная расшифровка всех этапов.

- I) Прием отделом снабжения на стороне заказчика.
 - 1) Вскрытие групповой упаковки.
 - 2) Вскрытие индивидуальной упаковки.
 - 3) Проверка комплектности.
 - 4) Проверка целостности изделий (функциональность, механические повреждения).
- II) Внедрение устройств.
 - 1) Проверка на функциональность.
 - 2) Установка комплекса.
 - 3) Подключение комплекса.
- III) Работа.
 - 1) Прием сотрудником изделия при выходе на смену.
 - 2) Общие требования.

- 3) Доступ в рабочую зону и выход из нее.
 - 4) Работа с инструментом.
 - 5) Работа с техникой.
 - 6) Работа в одежде и спец снаряжении.
 - 7) Получение биометрии.
 - 8) Получение координат в GPS.
 - 9) Передача данных о местоположении (на технику).
 - 10) Передача данных диспетчеру (биометрия, GPS).
 - 11) Голосовая связь с диспетчером.
 - 12) Экстренное оповещение.
 - 13) Оповещение о статусе устройства.
 - 14) Сдача устройства по завершении смены.
- IV) Вывод из эксплуатации.
- 1) Индикация о неполадках.
 - 2) Упаковка индивидуальных комплектов.
 - 3) Упаковка группового комплекта.
 - 4) Вскрытие комплекта.
 - 5) Проверка комплектности.
 - 6) Демонтаж устройства.
 - 7) Утилизация.

В результате работы был описан полный цикл устройства. По завершении проектирования предполагается дополнительно проверить устройство на соответствие всем требованиям.

2.1.2 Определение функциональных характеристик устройства

В результате изучения научных работ и описания поведенческой модели было получено много полезной для дальнейшей разработки информации и сделаны выводы о необходимости некоторых функциональных элементов [22].

Целевая аудитория проектируемого браслета определяется как рабочие в карьерах (персонал открытых горных работ), водители автосамосвалов,

экскаваторов, диспетчеры, инженерно-технические рабочие. Пол: мужской. Возраст: 20-50 лет. Расположение: производственные задымленные, загазованные площадки.

Корпус устройства на данном этапе проектирования было решено оставить в форм-факторе носимого устройства, браслета [23]. Материал, из которого будет выполнен браслет, при возможности должен быть гипоаллергенным, так можно сократить некоторые проблемы в процессе эксплуатации. Важно предусмотреть сменный браслет/ремешок с возможностью регулировки длины.

От экрана принято решение отказаться, так как всю необходимую информацию можно передать с помощью нескольких светодиодов.

Выявленные функциональные характеристики будут разделены на три группы в соответствии со степенью важности. I группа – функции, обеспечивающие безопасность сотрудника. II группа – функции для передачи не экстренной информации диспетчер-сотрудник. III группа – функции для обеспечения контроля работы сотрудника.

Функциональные характеристики смарт-браслета I группы:

- Тревожная кнопка.
- Звуковой оповещатель. Для оповещения персонала об опасности столкновений, возможных наездов, приближении к опасным зонам, обусловленным появлением карьерной техники.
- Вибрационная индикация. Оповещение о вызове диспетчера, сигнал тревоги.
- Детектирование приближения крупногабаритной техники с помощью GPS, оборудованной системой (специфичная характеристика в связи с условиями использования устройства).

Функциональные характеристики смарт-браслета II группы:

- Прием голосовых данных от диспетчера.

- Передача голосовых данных диспетчеру, функция голосовой связи.
- Измерение биометрических данных. Данные передаются по Wi-Fi.

Функциональные характеристики смарт-браслета III группы:

- Светодиодная индикация. Работа GPS антенны, обозначение наличия связи, уровня заряда, корректность биометрических данных.
- Обнаружение снятия браслета.
- Измерение данных местоположения. GPS данные с передачей по Bluetooth антенне.

Технические требования к биометрическим датчикам:

- плотная посадка датчика к кожным покровам;
- корректное измерение температуры кожных покровов;
- измерение сатурации крови;
- измерение частоты сердечных сокращений;
- детектирование состояния стресса, повышенной нагрузки;
- Измерение шагов, ударов, падений.

2.1.3 Определения необходимых конструктивных элементов

Исходя из поведенческой модели, можно сделать некоторые выводы. Для начала, было определено, что форм-фактор браслета должен представлять из себя биоморфную форму кистевого исполнения. Материал смарт-браслета-пластик, возможно исполнение некоторых элементов из металла для обеспечения более высокой прочности устройства. Габариты устройства не должны превышать 55*55*25 мм, это обусловлено эргономическими нормами.

Ремешок браслета должен быть регулируемым. Возможно исполнение ремешка как полиамидной ленты с нашивками из велкро, альтернативным вариантом служит силиконовый ремешок. Предполагается иметь сменный ремешок в комплекте.

Требования по индикации. Вибрационная индикация должна оповещать

при изменении статуса каждого элемента: потеря сигнала GPS, биометрических данных, ошибки в работе антенны WiFi, низкий уровень заряда устройства. Световая индикация предполагает расположение 4 светодиодов, также обозначающих корректность работы GPS, биометрии, WiFi, заряда устройства.

Следует учитывать специфику расположения антенн в корпусе. Так, GPS антенна не должна быть загорожена какими-либо металлическими элементами для правильного считывания и отправления данных без перебоев.

Экстренное оповещение диспетчера рабочим должно осуществляться путем нажатия двух симметричных кнопок одновременно. Это решение было принято, исходя из следующих рассуждений: нажатие одной кнопки может произойти по случайным обстоятельствам, так как рабочий совершает активные движения руками. Случайная возможность нажать две симметричные кнопки одновременно резко снижается.

Емкость аккумулятора, подключаемый к печатной плате, не должна быть ниже 450 мАч. Время заряда не должно превышать межсмену.

Помимо функциональных требований, описанных в пункте 2.1.2., существуют некоторые общетехнические и индивидуальные требования, предъявляемые к браслету.

Общие требования, такие как наличие возможности купить, заказать, произвести проектируемое изделие.

Далее описаны сами индивидуальные требования и рассмотрены возможные варианты реализации.

К корпусу браслета в соответствии со спецификой использования предъявляются следующие требования:

- техническое задание диктует габариты;
- учет эргономики корпуса (конструкция и материалы).

Возможные варианты реализации корпуса:

- форм-фактор (цилиндрическое, кубическое исполнение);

- верхняя и нижняя крышки могут быть выполнены из пластика, силикона, металла;
- средняя часть может быть выполнена из пластика или металла при условии сохранения жесткости конструкции;
- конструкция может быть разделена на три (верхняя, средняя, нижняя часть) или две составные части, например, если верхняя крышка и средняя часть будут единой деталью;
- возможно добавление графического элемента на верхнюю крышку;
- защита от пыли и влаги IP67.

Требования к электронике:

- техническое задание определяет размеры корпуса, которые, в свою очередь, определяют размеры элементов электроники;
- технические особенности в соответствии с ТЗ;
- динамик и микрофон разнесены в разные части корпуса.

Возможные варианты реализации электроники:

- power: беспроводная зарядка, погопиновый коннектор, micro USB+заглушка;
- световоды могут выходить на корпус, быть с полукруглой шляпкой.

Требования к крепежным элементам:

- соответствие размерам корпуса;
- соответствие размерам возможных отверстий в печатной плате (при необходимости).

Возможные варианты крепления:

- защелки;
- металлические метизы;
- пластиковые метизы.

Требования к ремешку:

- учет размера корпуса и кронштейна под ремешок;
- изделие должно быть выполнено из комфортного и практичного материала;

- хорошая фиксация браслета на руке.

Возможные варианты реализации ремешка:

- ремешок из полиамидной ленты;
- силиконовый ремешок (индивидуальное производство);
- готовый ремешок.

2.2 Поведение светодиодной индикации

Перед началом проектирования корпуса следует рассмотреть возможные неполадки в работе устройства и поведение светодиодной индикации (табл. 2).

Таблица 2 – Поведение светодиодной индикации

GPS		
светодиод	секунды	обозначение
	2-1-2-1	ОК
	2-1-2-1	НЕПОЛАДКИ
	постоянный	КРИТИЧЕСКАЯ ОШИБКА
WI-FI + BLE		
светодиод	секунды	обозначение
	2-1-2-1	BLE ОК WI-FI ОК
	1-1-1-1	BLE НЕПОЛАДКИ WI-FI ОК
	2-1-2-1	BLE ОК WI-FI НЕПОЛАДКИ
	постоянный	BLE НЕПОЛАДКИ WI-FI НЕПОЛАДКИ

Продолжение таблицы 2 – Поведение светодиодной индикации

Биометрия		
светодиод	секунды	обозначение
	2-1-2-1	ОК
	2-1-2-1	НЕПОЛАДКИ
	постоянный	КРИТИЧЕСКАЯ ОШИБКА
Аккумулятор + статус работы устройства		
светодиод	секунды	обозначение
	2-1-2-1	Включен, работает
	2-1-2-1	Низкий уровень заряда
	постоянный	Идет заряд
все светодиоды	секунды	обозначение
	Ни один светодиод не горит	Не включен, не работает
	1-1-1-1	ALARM

2.3 Методы формообразования

Формообразование является неотъемлемой частью дизайн-процесса. Формообразование – процесс создания формы в деятельности художника, архитектора или дизайнера в соответствии с общими ценностными установками культуры и теми или иными требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функции, конструкции и используемых материалов [24].

Изучив литературу по технической эстетике, были составлены критерии оптимального формообразования, в соответствии с которыми будут выполняться эскизы:

- Рациональность. Под рациональностью понимается логическая обоснованность, целесообразность формы.
- Тектоничность. В своей основе этот принцип означает соответствие формы конструкции. При таком соответствии конструкция становится композиционно-пластическим средством формообразования.
- Структурность. Цель структурного формообразования – нахождение

гармоничной связи между элементами, составляющими форму.

- Гибкость. Форма должна быть способна к развитию, сохраняя при этом целостность.
- Органичность. Этот принцип определяет собой построение композиции с учётом закономерностей формообразования, проявляющихся в природе.
- Образность. Данный критерий отражает чёткое и глубокое раскрытие в композиции определённой художественной идеи.
- Целостность. Это всеохватывающий и объединяющий критерий композиционно-художественного формообразования в дизайне. В результате такого установления выявляется общий характер формы.

Данные критерии позволяют в полной мере оценить соответствие формы образу.

2.4 Разработка дизайн-решений

Поиск дизайн-решений было решено начать с эскизирования. В эскизах предполагается отразить ДНК-дизайн и поиск будущего форм-фактора изделия.

ДНК-дизайн — это некоторые элементы внешнего вида изделия, отличающие его от конкурентов. У многих современных крупных компаний, занимающихся производством, существует ДНК-дизайн. К примеру, это характерные линии, повторяющиеся в изделии и фирменном стиле бренда. Иногда это цвет, по которому пользователь подсознательно отличает один бренд от другого.

Первые эскизы были выполнены с использованием акцентного зеленого цвета, это предлагается как часть ДНК (рисунок 7). Из вариантов поиска отличительных черт устройства, представленных на рисунках, можно выделить повторяющиеся символы, напоминающие букву «i», повторяющуюся в названии компании-заказчика «Intec industrial design»; квадратные элементы, повторяющиеся в логотипе компании; динамичные линии, огибающие всю поверхность устройства, символизирующие электрические схемы.

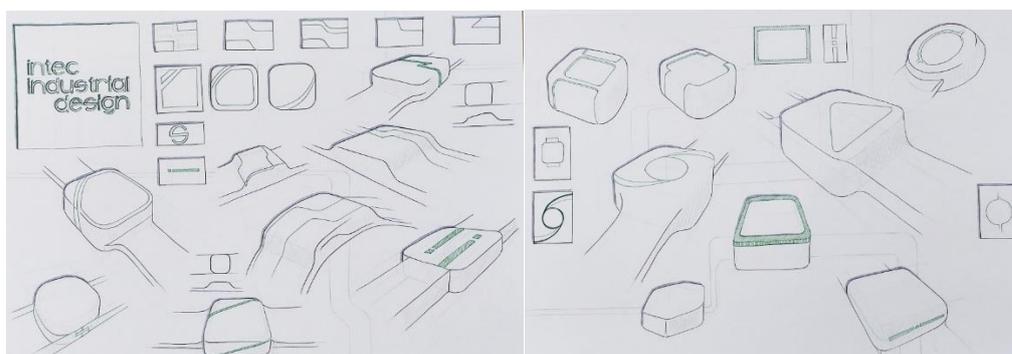


Рисунок 7 — Эскизы ДНК-дизайна

В процессе работы стала очевидна необходимость работы с эргономикой устройства, для этого браслеты были изображены на руке, с дополнительной проработкой корпуса в соответствии с обозначенными выше эргономическими требованиями (рисунок 8). Также внимание было уделено ремешку, светодиодной индикации устройства и расположению кнопок.

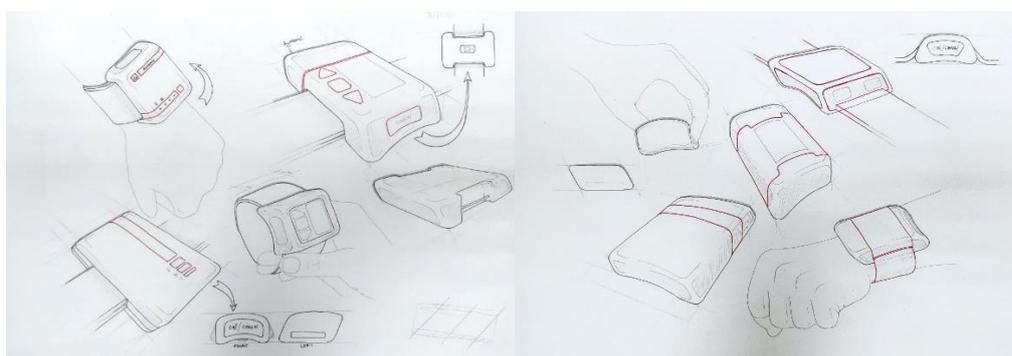


Рисунок 8 — Эскизы смарт-браслета

Эскизы обсуждались со специалистами по производству, электронике, маркетологами. Общим решением были отобраны наиболее перспективные варианты, которые требовалось проверить.

Эксперимент был проведен с помощью создания объемных форм и проверкой их на соответствие эстетическим и эргономическим требованиям (рисунок 9).

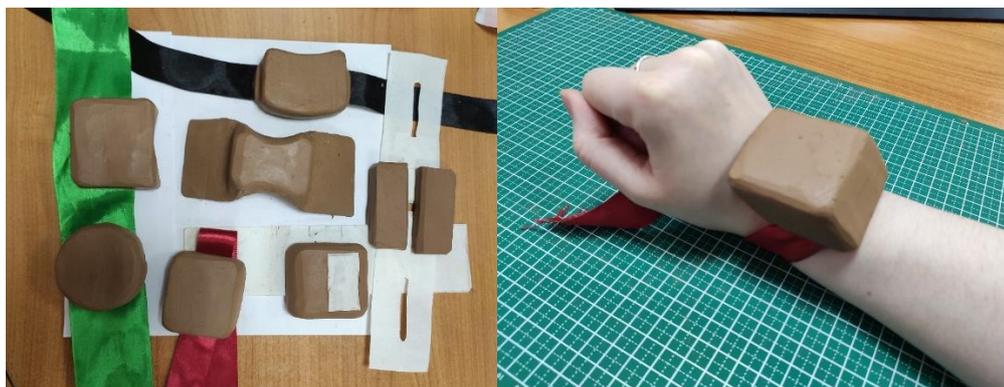


Рисунок 9 — Создание объемных форм

Объемные формы тестировались разными людьми, их мнения, пожелания и предложения относительно дальнейшей разработки проекта были приняты ко вниманию.

2.5 Вывод по главе

Разработка смарт-браслета, оснащенного функцией оповещения сотрудников, может обеспечить сохранение здоровья при некоторых опасных производственных ситуациях.

В результате работы были определены необходимые элементы конструкции, основанные на функциональных характеристиках объекта, которые были сформированы исходя из требований пользователя.

Главной задачей второй главы являлось определение поведенческой модели устройства с целью выявления необходимых функциональных и конструктивных элементов на примере смарт-браслета.

Для достижения задачи были выполнены следующие задачи:

1. описана поведенческая модель пользователя;
2. определены функциональные характеристики устройства и его целевая аудитория;
3. сформированы требования к конструктивным элементам корпуса;
4. созданы эскизы в соответствии с полученными данными.

По завершении работы были пройдены этапы для обеспечения заявленных функциональных характеристик объекта, тем самым была создана необходимая база для дальнейшего проектирования, производства и реализации устройства. В результате были созданы эскизы, являющиеся основой для дальнейшего проектирования и детальной проработки электронного устройства.

3 Разработка художественно-конструкторского решения

В рамках диссертации были выявлены функциональные характеристики и разделены на три группы в соответствии со степенью важности. I группа – функции, обеспечивающие безопасность сотрудника. II группа – функции для передачи не экстренной информации диспетчер-сотрудник. III группа – функции для обеспечения контроля работы сотрудника.

Для определения положения компонентов, исполняющих обозначенные функциональные характеристики, промышленный дизайнер работает с инженером-электротехником.

Инженер-электротехник участвует в создании электронных устройств и приборов. С помощью электронных приборов в самых различных областях науки и техники осуществляются сложнейшие процессы генерирования, усиления, преобразования, измерения и формирования электрических сигналов, логические операции. Специалист знает, какие компоненты нужны для реализации необходимого функционала и где они должны располагаться для осуществления корректной работы.

Таким образом, была создана таблица, которая удовлетворяет требования с точки зрения дизайнера и с точки зрения электротехники (табл.3).

Таблица 3 – Расположение функциональных элементов относительно частей корпуса

Часть корпуса	Группа функции	Функция	Исполнение
Верхняя	1	Звуковое оповещение	Динамик
	1	Функция детектирования приближения крупногабаритной техники	GPS антенна+Bluetooth+Wi-Fi антенна
	3	Измерение данных местоположения (и передача диспетчеру)	
	2	Передача голосовых данных	Микрофон
	3	Светодиодная индикация. Обозначение наличия связи, уровня заряда, корректность биометрических данных	Светодиоды (обозначения в пункте 2.2)

Продолжение таблицы 3 – Расположение функциональных элементов относительно частей корпуса

Часть корпуса	Группа функции	Функция	Исполнение
Средняя	1	Подача тревожного сигнала	Физические кнопки
	2	Требования для аккумулятора: время до полного заряда устройства не должно превышать время между сменами.	Аккумулятор (ёмкостью не менее 450 мАч)
		Фиксация браслета на запястье	Ремешок + кронштейны
Нижняя	1	Вибрационная индикация. Оповещение о вызове диспетчера, сигнал тревоги.	Вибромотор
	2	Измерение биометрических данных	Пирометр, пульсометр
	3	Наличие функции обнаружение снятия браслета.	

Модель объекта предполагается выполнить с помощью программы Autodesk Fusion 360, так как данная программа имеет предназначение для промышленного моделирования, отличительной особенностью которой является высокая точность.

Программное обеспечение Autodesk Fusion 360 предназначено для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технической подготовки. Autodesk Fusion 360 обеспечивает разработку изделий любых степеней сложности и назначения. С помощью данной программы решаются такие задачи, как подготовка конструкторского, технологического производства и управление данными и процессами. Основным методом проектирования является метод твердотельного моделирования. Данный вид моделирования является единственным средством, обеспечивающее однозначное описание геометрической формы.

Неоспоримым преимуществом твердотельного моделирования является полное определение формы объема, возможность разграничения внешней и

внутренней полости объекта, что необходимо для нежелательных влияний компонентов.

Такую модель потом можно отдать на производство или вывести чертежи автоматически.

3.1 Разработка верхней части устройства

Верхняя часть устройства будет включать в себя пластиковый корпус и электронные компоненты. Большинство компонентов будет размещено на печатной плате, но некоторые требуется установить в корпус.

В верхней части необходимо реализовать звуковое оповещение с помощью динамика, функцию детектирования приближения крупногабаритной техники и измерение данных местоположения (GPS антенна, Bluetooth, Wi-Fi антенна); передачу голосовых данных (Микрофон), светодиодную индикацию (обозначение наличия связи, уровня заряда, корректность биометрических данных). Все антенны были вынесены на верхнюю плату, чтобы металлическая часть корпуса не мешала отдавать и принимать информацию.

Нужно проектировать расположение элементов в корпусе с учетом требования герметизации. Наличие динамика и микрофона диктуют необходимость создания отверстий. Чтобы сделать отверстия и не нарушить герметичность корпуса, было решено клеить эти элементы в корпус. Для этого в модели были сделаны углубления под те микрофон и динамик, которые будут закуплены. Сами элементы имеют класс защиты IP67 и не боятся воды, но было решено клеить мембранную сетку для дополнительной защиты элементов.

Следующая задача, которую нужно решить – это вывод светодиодов. Светодиоды располагаются на печатной плате. Расстояние от светодиодов до верхней крышки равно 5,33 мм. Для того, чтобы пользователь увидел индикацию, можно использовать световоды. Четыре световода предполагается клеивать в корпус.

Во внутренней части верхней крышки нужно предусмотреть элементы корпуса для позиционирования печатной платы и отверстия под посадку

самонарезающих винтов. Толщина элемента будет не равномерной, так как требуются углубления в корпусе под высокие элементы, а именно Wi-Fi и GPS антенны.

Объемная модель верхней крышки корпуса представлены на рисунке 12.



Рисунок 12 — Объемная модель верхней крышки

Верхняя часть корпуса была изготовлена с помощью литья. Как и предполагалось, световоды, динамик и микрофон были вклеены в корпус, печатная плата была установлена в посадочное место (рисунок 10).



Рисунок 10 — Сборка верхней части

3.2 Разработка средней части устройства

Сама средняя часть представляет из себя металлический каркас. В средней части устройства предполагается расположить аккумулятор, пластиковые стойки, две платы с мембранными кнопками и сами кнопки-поршни с дополнительными элементами для обеспечения герметизации (рисунок 11).

Через среднюю часть проходит шлейф и провода, идущие с верхней платы на нижнюю. Также средняя часть будет использована в качестве основы для крепления ремешка.



Рисунок 11 — Объемная модель средней части

Процесс подбора аккумулятора ограничивался габаритами корпуса и высотой средней части устройства. Специалисту нужно было найти аккумулятор емкостью не менее 450 мАч с наименьшими габаритными размерами. Поиск мембранных кнопок также проходил со строгими требованиями к габаритам.

Конструкция кнопки состоит из кнопки-поршня, на которую физически нажимает человек, поршень давит на тактовую мембранную кнопку. На поршне зафиксированы пружина и уплотнительные кольца, обеспечивающие защиту от пыли и влаги. С внутренней части кнопку-поршень удерживает стопорное кольцо от выпадения. Под эти элементы были сделаны пазы с соблюдением точных допусков.

Стойки изготавливались по индивидуальным размерам на 3Д принтере и фиксировались в отверстиях корпуса. Пластиковые стойки нужны для фиксации печатных плат в корпусах и относительно друг друга.

Для того, чтобы закрепить ремешок, в корпусе продуманы конструктивные элементы под кронштейны, подобранные под размер полиамидной ленты. Эта лента в последствии будет сшита с велкро и пластиковыми накладками.

В месте присоединения верхней и нижней крышек, в смоделированное углубление, предполагается вкладывать силиконовый уплотнитель. Средняя

часть в сборке представлена на рисунке 12.

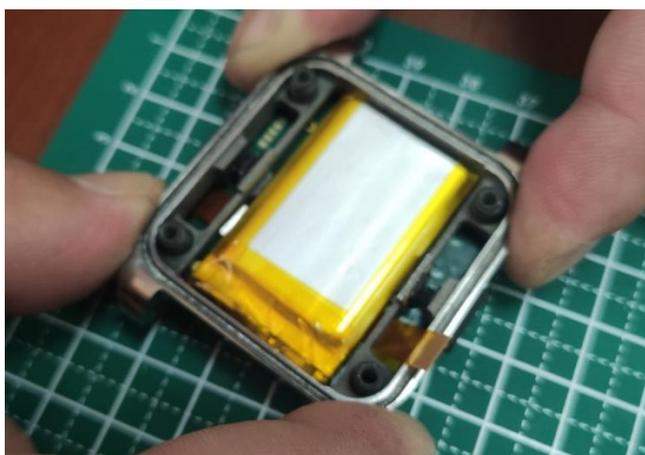


Рисунок 12 — Фотография средней части устройства в сборке

3.3 Разработка нижней части устройства

Нижняя часть устройства состоит из крышки, нижней платы, платы с датчиками биометрии, погопинового разъема, вибромотора. Со средней части корпуса выходят провода для подключения аккумулятора, а с верхней части устройства – шлейф и провода для передачи информации.

Нижняя часть корпуса смарт-браслета представляет из себя пластиковую крышку с эргономичным изгибом. В соответствии с требованием плотного прилегания датчиков биометрии к коже человека для точного измерения пульса и температуры тела, в корпусе сделано возвышение с отверстиями под датчики.

Углубление во внутренней части корпуса сделано под плату с биометрическими датчиками. Плата позиционируется с помощью четырёх конструктивных стоек. Датчики предполагается заливать эпоксидной смолой для сохранения герметизации и комфортного использования пользователем.

В качестве реализации вибрационной индикации были закуплены миниатюрные вибромоторы, под которые в корпусе сделаны углубления. Вибромотор вклеивается в корпус, не касаясь печатной платы. Таким образом, вибрация уходит в нижний корпус и чувствуется человеком, а печатная плата не нагружена лишними физическими воздействиями.

Крупный элемент, выходящий извне корпуса – это магнитный погопиновый коннектор. Высота внутренних пружинных контактов равна

расстоянию от нижней плоскости корпуса до печатной платы, особенность разъема заключается в том, что он не нуждается в дополнительном подсоединении к кабелю и к нижней плате. Разъем позиционируется с помощью конструктивных элементов и вклеивается в корпус.

В корпусе предусмотрены ножки для фиксации печатной платы, отверстия под высокие электронные комплектующие и отверстия под тело и шляпки потайных самонарезающих винтов.

Твердотельная модель также изготавливалась в Autodesk Fusion 360, снимки детали с разных ракурсов представлены на рисунке 13.



Рисунок 13 — Объемная нижней средней части устройства

Корпуса были произведены с помощью литья пластика в силикон (рисунок 14).



Рисунок 14 — Фотография нижней части устройства в сборке

Следующим этапом работы над проектом- разработка конструкторской документации.

3.4 Автоматизированное создание чертежей: подбор и сравнение программ

В условиях современной компьютеризации и прогресса технологий расширяются возможности использования компьютерных технологий в области дизайн-деятельности. Специфика профессиональной деятельности конструктора и промышленного дизайнера связана с постоянной необходимостью предоставления конструкторской документации. Даже автоматическое создание чертежей часто становится для дизайнера проблематичной задачей, так как при расстановке размеров нужно учитывать способ производства.

Рассмотрим модель, по которой нужно сделать чертеж [25]. Эта деталь является средней частью конструкции смарт-браслета, которая, предполагается, будет металлической. Данный элемент будет основой для крепления пластиковых верхней и нижней частей корпуса. Скриншоты окна моделирования представлены на рисунке 15.

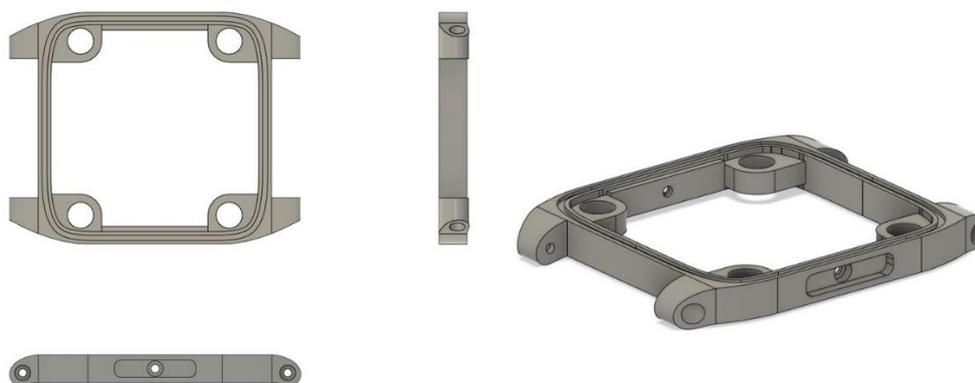


Рисунок 15 — Скриншоты модели в объемной проекции и в видах сверху, сбоку и слева

Модель была спроектирована в Autodesk Fusion 360. Для моделирования объекта была выбрана эта программа, так как в ней есть необходимый функционал для создания freeform-моделей, бионических форм. Деталь можно сохранить в формате STEP, который в последствии можно использовать в других программах для твердотельного моделирования.

Модель предполагается изготавливать с помощью фрезеровки, так как требуется изготовление 5 деталей, и в таком случае фрезеровка является

наиболее выгодным и быстрым способом производства.

Средства автоматизации проектирования, включающие возможности объемного параметрического моделирования и создания конструкторской документации (КД), все активнее входят в повседневную жизнь. Сейчас необходимость вычерчивания проекций и сечений в САД-системе можно отнести, скорее, к ее недостаткам, поскольку прогресс шагнул далеко вперед и чертежи теперь создаются на основе 3D-моделей, автоматически создаются размеры, детали масштабируются по листу и обновляются при изменении исходной модели [26]. Современные САД-системы обладают такими достоинствами, как ассоциативная связь чертежа с 3D-моделью, обеспечивающая быстрое построение любых проекций, разрезов и сечений, наследование чертежом различных свойств модели (допуски, базы, шероховатости, материалы, информация о разработчике), автоматическое обновление видов и размеров при внесении изменений в модель и многое другое [27].

Для разработки чертежей были выбраны следующие программы:

□ Autodesk Fusion 360. Так как моделирование детали осуществляется в этом программном продукте, было бы удобно выводить чертеж там же [28]. Так, при дальнейшей разработке и изменении модели, не придется делать чертеж заново: программа автоматически изменит проекции модели и размеры, нанесенные на чертеж.

□ SolidWorks 2019. Данная программа удобна для создания чертежа в соответствии с требованиями ГОСТ [29].

□ КОМПАС-3D выбрана в качестве программы для сравнения. Этот продукт обладает схожим функционалом с вышеперечисленными, и, ожидается, будет иметь свои преимущества при построении чертежа [30].

До начала процесса создания чертежей и сравнения программ следует определить критерии, по которым будет производиться оценка:

□ интерфейс, а именно удобство использования программного обеспечения;

- наличие инструментов, необходимых для решения текущих задач;
- наличие автоматических настроек для создания чертежей по ГОСТ.

Оценив каждый программный продукт по этим критериям, можно будет сделать вывод о их возможностях, удобстве, и создать некоторую систему решения аналогичных задач.

Рассмотрим Autodesk Fusion 360.

Создание чертежа в той же программе, где осуществлялось моделирование, имеет большое преимущество. Автоматическое обновление модели после ее изменения заметно облегчает жизнь дизайнеру при доработке проекта. Следует рассмотреть инструменты для создания чертежей в Autodesk Fusion 360.

Создание чертежа в программе Autodesk Fusion 360 начинается с создания трех проекций детали (рисунок 16)

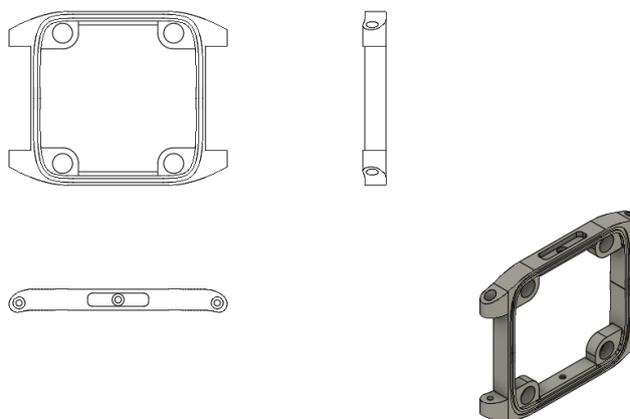


Рисунок 16 — Проекция детали

На чертеже были проставлены оси, габаритные размеры. Следующим этапом идет проставление установочных размеров. Однако, в процессе уточнения чертежа, была выявлена проблема по определению размеров линий, образованных с помощью freeform моделирования и чертежей с кривыми Безье (рисунок 17) [31].

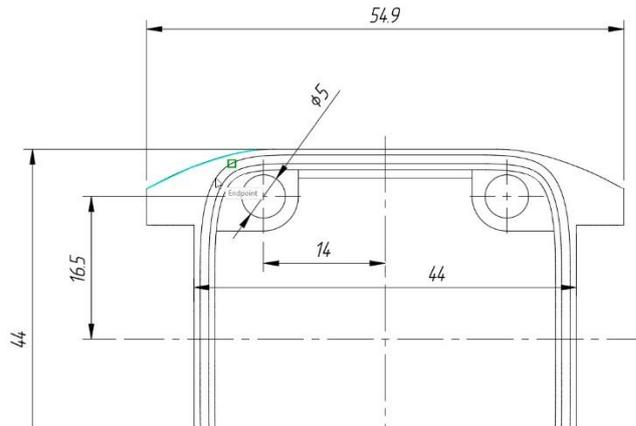


Рисунок 17 — Снимок экрана

Можно предположить, что дизайнеры и конструкторы сталкиваются с такой проблемой.

Было решено искать решение проблемы в интернете. Результаты поиска оказались безуспешными, на данную тему нет статей, форумов разработчиков программных продуктов или иных источников информации.

В качестве решения проблемы предлагается два варианта:

1. Изменить модель. Если доскональная конструкторская документация и способ производства (в данном случае фрезеровка) указана в договоре, то необходимо предоставление чертежей. Соответственно, необходимо изменять модель под требования автоматизированных программ, заменяя линии кривых Безье на прямые линии со скруглениями.

2. Изменить способ производства. Данный вариант можно осуществить при возможности использования альтернативных способов производства, не требующих чертежей. Среди таких способов можно выделить литье, 3Д печать металлом, лазерная резка (если материалы поддаются воздействию лазера).

Так как сейчас важно построить схему решения аналогичных задач, для продолжения работы с объектом был выбран 1 вариант- изменение модели. Так как дерево моделирования не сохранилось, было принято решение создать эскиз на виде сверху и построить линии наиболее близкие к исходному контуру, однако на них будет возможно нанести размеры (рисунок 18).

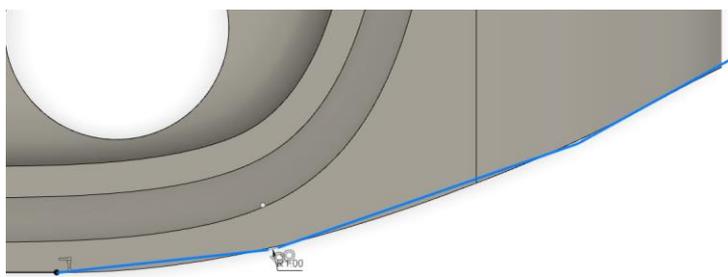


Рисунок 18 — Контур

Далее углы кривой были скруглены с радиусом 27 мм (рисунок 19).

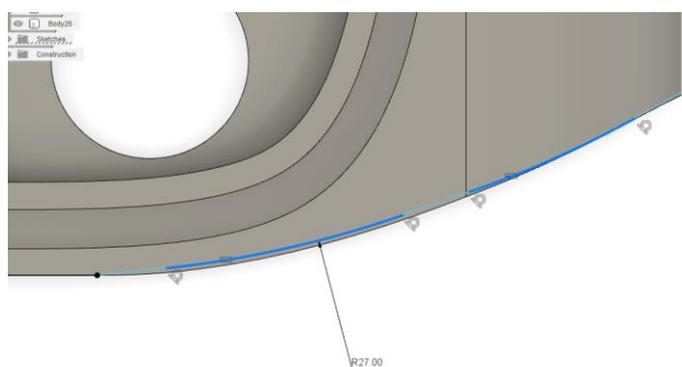


Рисунок 19 — Кривая со скругленными углами

Нарисованный контур был отражен (Mirror) по осям симметрии (рисунок 20). С помощью Extrude новый контур был вырезан.

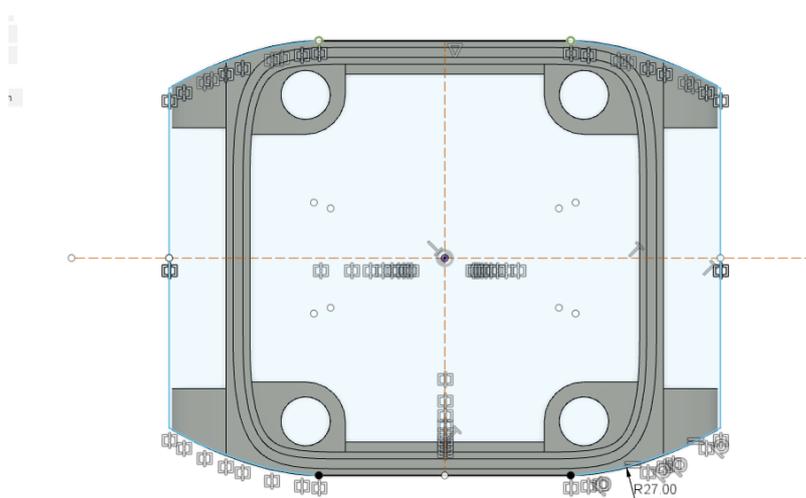


Рисунок 20 — Новый контур детали

Обновленная модель выглядит менее пластичной, однако, в данном

случае дизайн уступает конструкции (рисунок 21).

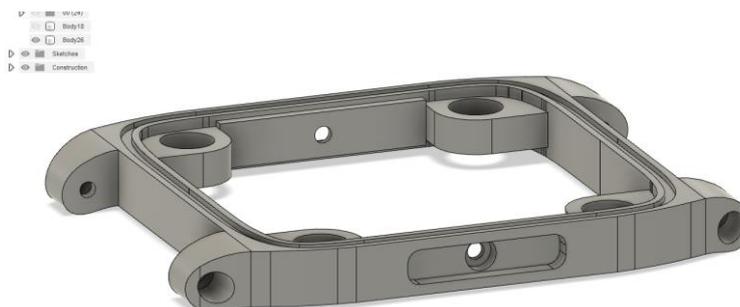


Рисунок 21 — Обновленный корпус

По завершении работы над моделью можно создавать чертеж, выносить виды и проставлять размеры (рисунок 22).

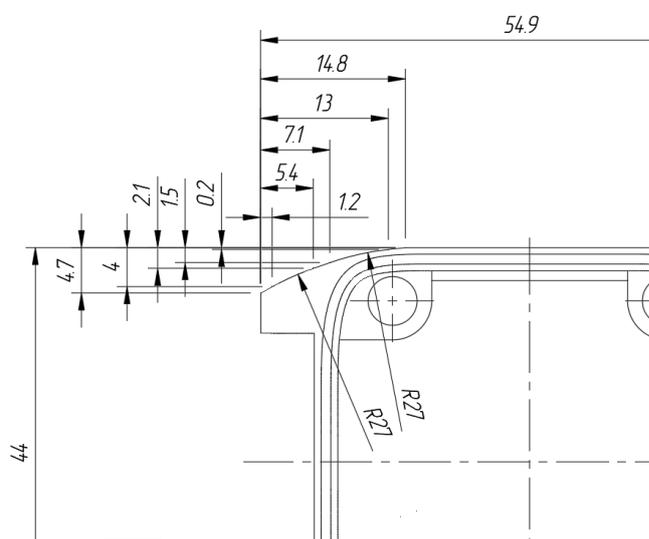


Рисунок 22. Чертеж обновленной модели

Для оценки результата работы в программе Autodesk Fusion 360 следует рассмотреть работу с точки зрения выявленных критериев.

Интерфейс, а именно удобство использования программного обеспечения. Интерфейс программы удобный, дизайн современный. Необходимые для работы с чертежом кнопки расположены на одной вкладке.

Наличие инструментов, необходимых для решения текущих задач. В процессе работы появилась потребность отметить точки обновленных прямых линий и дуг. Однако, такая функция в программе отсутствует. Аналогично отсутствует функция создания эскиза, что в некоторых случаях бывает необходимо для корректного создания чертежа.

Наличие автоматических настроек для создания чертежей по ГОСТ не предусмотрено функциями программы. Соответственно, после создания чертежа потребуется доработка в других ПО: создание рамки, основной надписи, доведение размерных линий до детали.

Рассмотрим SolidWorks 2019.

В качестве эксперимента было решено проверить возможности программного продукта SolidWorks для создания чертежа.

Исходный файл был сохранен в формате STEP и успешно открылся в программе SolidWorks 2019. При попытке создания размерных линий на чертеже, программа предоставляла возможность наносить размеры только на прямые линии (рисунок 23).

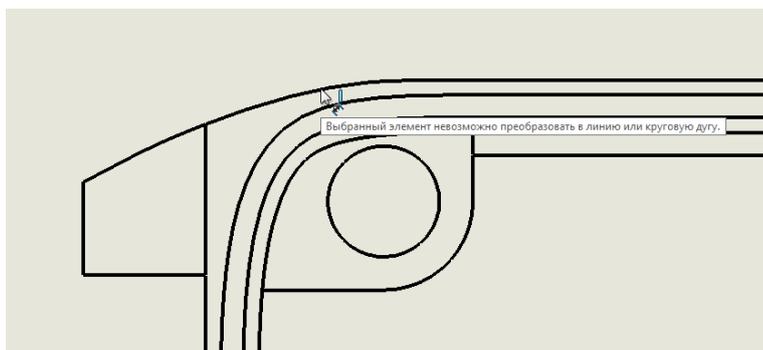


Рисунок 23 — Окно SolidWorks

Далее в программу был импортирован STEP-файл обновленной модели со скруглёнными прямыми [32]. Результат работы представлен на рисунке 24. Можно отметить, что при нанесении размеров не возникло проблем в связи со сложной формы объекта.

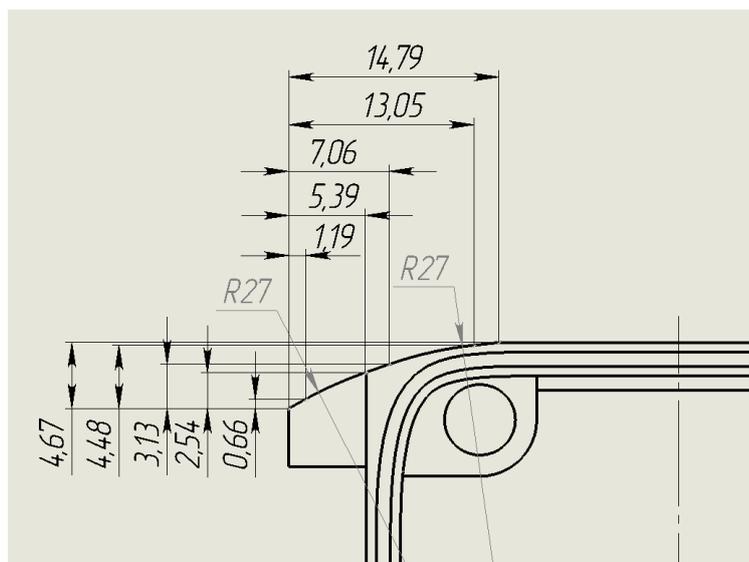


Рисунок 24 — Чертеж обновленной модели в SolidWorks

Рассмотрим критерии в контексте работы с программой SolidWorks 2019.

Интерфейс, а именно удобство использования программного обеспечения. Интерфейс осложнён несколькими вкладками. Пользователь не видит необходимых кнопок, поэтому приходится иногда переключаться между несколькими вкладками для поиска необходимой функции. На каждой вкладке для создания несложного чертежа пользователю требуется 1-2 кнопки, так множество вкладок с разными группами действий замедляют процесс создания чертежа.

Наличие инструментов, необходимых для решения текущих задач в программе SolidWorks удовлетворило потребности для решения данной задачи. На чертеже можно создать эскиз, дополнить автоматически созданные проекции элементами, которые могут быть удобными для нанесения размеров или корректного построения чертежа. В данном случае удобной функцией послужило создание опорных точек. С помощью них были обозначены границы прямых линий и дуг.

Наличие автоматических настроек для создания чертежей по ГОСТ является заметным достоинством программы. Автоматическое проставление размеров в соответствии с требуемыми шрифтами и стандартами, удобный интерфейс для заполнения основной надписи.

Из недостатков данной программы можно отметить отсутствие

возможности моделирования органических поверхностей.

Рассмотрим КОМПАС-3D. Популярной программой для твердотельного моделирования и создания технической документации является также КОМПАС-3D. В программу была загружена модель, образованная с помощью Безье кривых (рисунок 25).

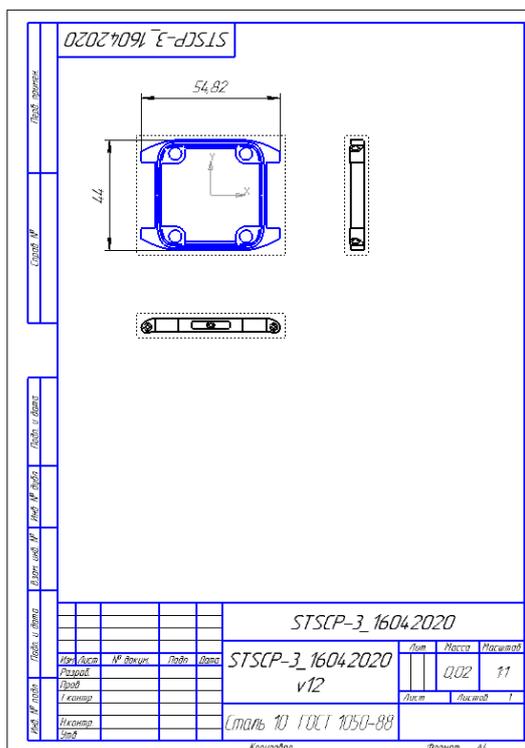


Рисунок 25 — Три проекции модели в программе КОМПАС-3D.

Помимо кнопки автоматического проставления размеров были рассмотрены инструменты для нанесения размеров на дуги, радиусы и скругления, однако программа не предоставила возможности нанести размерные линии на импортированную модель (рисунок 26) [33].

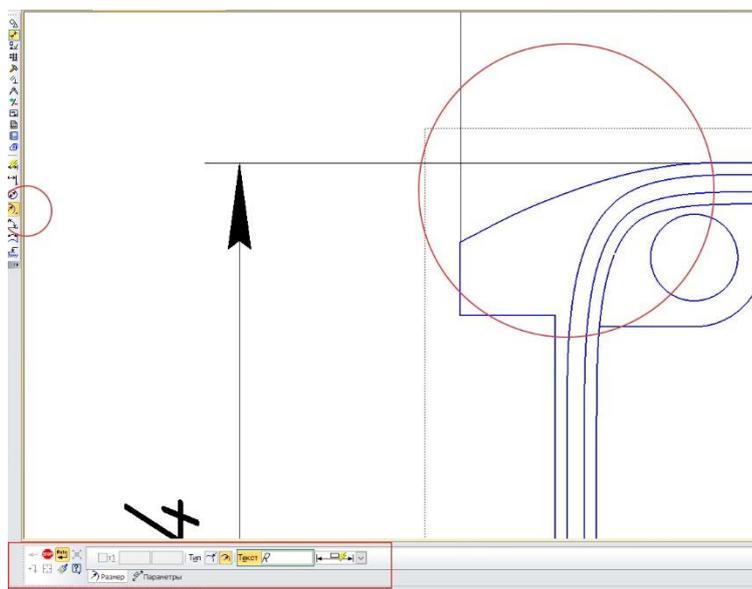


Рисунок 26 — Окно КОМПАС-3D

При попытке построения чертежа из обновленной модели результат получился аналогичным построению чертежа в SolidWorks (рисунок 27).

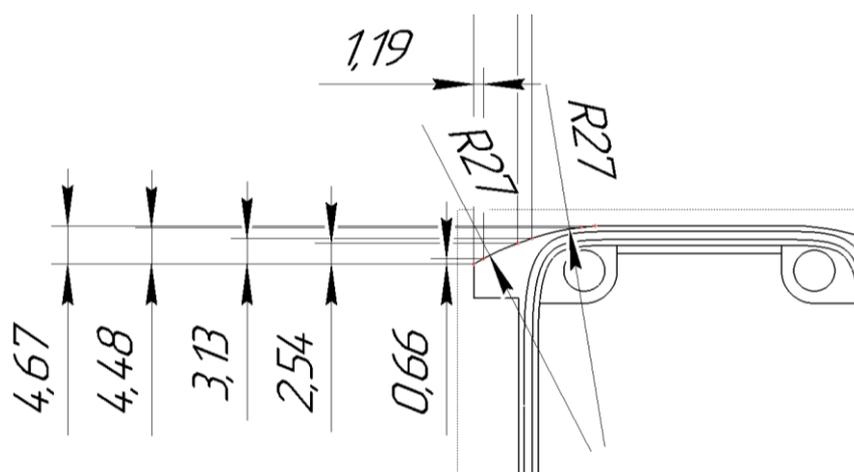


Рисунок 27 — Результат работы в КОМПАС-3D

Оценка работы в программе по критериям:

Интерфейс программы удобен за счет расположения всех необходимых инструментов в одной области, однако можно отметить, что дизайн иконок и программы в целом выглядит не современно, иконки мелкие и недостаточно интуитивно понятные.

В программе можно было быстро найти инструменты, необходимые для решения текущих задач. В программе предусмотрена возможность создания эскизов и добавления дополнительных графических элементов.

Наличие автоматических настроек для создания чертежей по государственному стандарту является преимуществом данной программы. Также стоит отметить, разработка спецификации по сборке происходит автоматически, данная функция может быть очень удобна при создании полного пакета рабочей конструкторской документации.

Принято решение закончить создание чертежа в программном продукте SolidWorks 2019, так как эта программа обладает необходимым функционалом и современным интуитивным дизайном.

По завершении работы в качестве альтернативных решений подобных задач было предложено два варианта: изменение модели и изменение способа производства.

В процессе работы был выполнен ряд задач:

- определен способ производства детали;
- определены программные продукты, подходящие для автоматизированного создания чертежа;
- описан функционал выбранных программных продуктов по решению подобного рода задач;
- созданы чертежи обновленной детали в каждом программном продукте;
- сделан вывод по проделанной работе.

Результат работы был непредсказуемым, так как задача ставилась по поиску решения проблемы создания чертежей модели, созданных при помощи кривых Безье.

Фактически, проблема не была решена: создать чертеж по первоначальной модели не удалось. Однако, в процессе эксперимента, были сделаны выводы и получен конструкторский опыт. В дальнейшем полученные знания помогут сэкономить время при решении аналогичных задач.

Решение было найдено в изменении внешнего контура средней части браслета посредством создания линий, которые имеют точные размеры и

скруглений. Таким образом, все элементы можно будет отобразить на чертеже с указанием необходимых для производства размеров.

Разработанные чертежи представлены в Приложении Б.

3.5 Материал и особенности технологий производства

Мелкосерийное производство деталей используют для создания небольших партий изделий. Например, изготовления корпусов уникальных приборов, макетов для проверки качества дизайнерских работ, дизайна упаковочных материалов, моделей для проведения презентаций. Выпуск продукции малым тиражом также необходим в случаях функционального тестирования деталей.

Небольшая партия отлитых изделий поможет исследовать отклик или провести сертификацию продукции одновременно с производством крупной партии. Подобный подход позволяет выпустить новый продукт на рынок в сжатые сроки при небольших затратах на изготовление.

С помощью литья предполагается изготавливать верхнюю и нижнюю крышки.

Мелкосерийное производство путем литья в силиконовые формы имеет определенные особенности и состоит из нескольких этапов:

1. Производство прототипа изделия. Речь идет о проектировании объемной модели на компьютере с последующей ее распечаткой на 3d-принтере или фрезеровкой на ЧПУ (рисунок 28).



Рисунок 28 — Прототип корпусов устройства

2. Подготовка мастер-модели. Этот процесс представляет из себя усовершенствованный и подготовленный к производству формы для литья прототип изделия. Мастер-модель определяет качество всего тиража, поэтому к ее разработке выдвигаются серьезные требования.

3. Изготовление силиконовой формы для литья. Для производства формы или, как ее еще называют, матрицы, мастер-модель помещается в опалубку – герметичную емкость из твердого материала, соответствующую габаритам изделия. Затем устанавливают систему трубок (литниковую систему), предназначенных для подачи в форму жидкого пластика. После этого силикон, который предварительно прошел дегазацию в вакуумной камере, заливают в опалубку. Наконец, емкость с силиконом примерно на сутки оставляют застывать в специальной камере, и только после этого получается готовая матрица.

4. Тестовая отливка и доработка формы. Если после тестовой отливки детали, полученное изделие отличается от мастер-модели, производится доработка формы. Как правило, модернизация силиконовой матрицы не занимает много времени, и в основном заключается в усовершенствовании литниковой системы и каналов вывода воздуха из формы при заливке, на основе полученного первого образца.

5. Производство форм. После того, как заказчик одобрил полученный после тестовой отливки результат, начинается мелкосерийное производство изделий. Количество силиконовых форм зависит от численности конечных изделий из расчета, что одна матрица способна дать 20-50 единиц качественной продукции в зависимости от особенностей геометрии и материала литья.

6. Завершается этот алгоритм непосредственным литьем пластмассы. Часто фирмы используют вакуумную технологию литья в силиконовые формы, в ходе которой используются двухкомпонентные полиуретаны с различными физико-механическими свойствами. Благодаря скорости изготовления оснастки, данный метод уже через несколько дней позволяет получить небольшую партию

пластиковых изделий.

Тестовая партия насчитывает 10 изделий: 5 верхних крышек и 5 нижних крышек (рисунок 29).

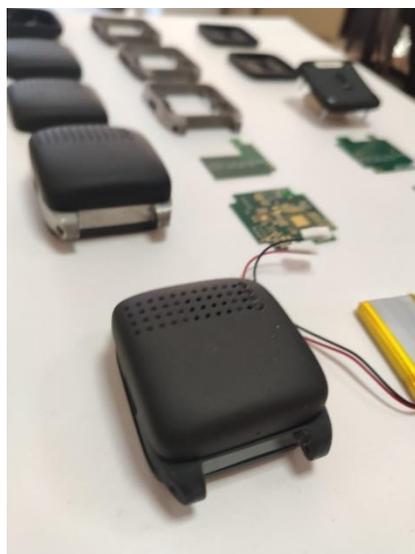


Рисунок 29 — Мелкая партия изготовленных изделий

Средняя часть заточена под фрезеровку. Однако, было принято решение изготовить первые 5 образцов с помощью 3Д печати металлом, так тестовая партия будет протестирована и будет иметь право на ошибку.

3Д печать из металла – альтернатива традиционным методам производства.

Причины перехода на объемную печать из металла: Во-первых, 3d-печать из металла позволяет изготавливать изделия, которые не изготовить стандартными способами производства. И хотя стоимость самих установок пока что очень высока, но при их использовании в промышленных масштабах, цена 3d-печати металлом получается весьма конкурентоспособной. NASA доказало это на своем примере, разработав с помощью аддитивных технологий ракетный двигатель с уменьшенным на 45% расходом материалов по сравнению с двигателями, изготовленными по традиционным методам производства.

Во-вторых, 3d-принтеры для печати металлом существенно сокращают время производства той или иной детали. Для работы достаточно иметь

объемную модель объекта, которую отправляют на печать.

В-третьих, никакие механические методы обработки металла не позволят достичь той точности, которую обеспечивают аддитивные методы производства.

В производство были отданы металлическая часть корпуса и кнопки-поршни. Фото до и после шлифовки деталей, напечатанных на 3Д принтере металлом, представлены на рисунке 30.



Рисунок 30 — Металлические детали

Ремешок браслета шит из полиамидной ленты (рисунок 31).



Рисунок 31 — Производство ремешка

Выбор производства ремешка для браслета состоял из двух основных вариантов: сшить текстильную ленту и отлить силикон. Выбор был сделан в пользу ремня из полиамидной ленты, так как этот способ производства более рентабельный в условиях создания небольшой партии изделий.

3.6 Сборка составляющих смарт-браслета в готовое изделие

По завершении проектирования и компоновки деталей дизайнеру следовало скорректировать модели с учетом допусков. Такие допуски создаются для обеспечения возможности сборки корпуса с необходимой плотностью посадки элементов. Между соседними поверхностями были созданы допуски 0.1-0.25 мм.

После этого этапа все спроектированные детали были отданы на производство. Верхний, нижний корпуса были отлиты из пластика, средняя часть корпуса и кнопка были изготовлены посредством 3Д печати металлом.

Стандартные изделия были закуплены. Стандартные изделия насчитывают: световоды, уплотнительные кольца, пружины для кнопки, кронштейны для ремешка, аккумуляторы, коннекторы для заряда, мембраны, винты и стойки. Печатные платы и электроника были закуплены отдельно.

Сборка осуществлялась специалистом по рекомендациям дизайнера-разработчика (рисунок 32).



Рисунок 32 — Процесс сборки смарт-браслета

Изделия были собраны, запрограммированы и испытаны на производстве. Разработка была отмечена заказчиком как инновационная и перспективная. По заверении испытаний будут получены результаты о достоинствах и недостатках спроектированного устройства.

С целью создания эстетичного изображения для продвижения продукта были созданы программные визуализации объекта (рисунок 33).



Рисунок 33 — Визуализации смарт-браслета

4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данном разделе ВКР выполняется анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособных изделий, которые не только приносят доход, но и отвечают современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Продуктом, для запуска на рынок, является электронный браслет для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах.

Стоит отметить, что продукт должен привлекать внимание потребителя эстетическими качествами, при этом быть функциональным, технологичным, эргономичным, и что самое главное - иметь способность выдерживать рыночную конкуренцию.

Для того чтобы решить задачи, связанные с финансовой оценкой продукта, его ресурсоэффективностью и ресурсосбережением, в финансовом разделе ВКР необходимо:

- оценить коммерческий потенциал разработки.
- спланировать научно-исследовательские работы;
- рассчитать бюджет научно-исследовательских работ;
- определить ресурсную, финансовую, бюджетную эффективности исследования.

Целевой аудиторией разрабатываемого смарт-браслета являются юридические лица. Юридическому лицу проект может быть интересен в качестве способа качественно улучшить безопасность работы на производстве.

Основной функционал разрабатываемого устройства: возможность подачи сигнала SOS, прием и передача данных диспетчеру, считывание биометрических показаний.

Прямых аналогов у продукта не много, поэтому было принято решение рассматривать смарт-браслеты и фитнес-часы для старшего поколения и детей. Аналогов, схожих по некоторым функциям, на рынке в избытке. Это связано с

обширной целевой аудиторией: слои населения, которые нужно защищать или предотвращать какие-либо нежелательные ситуации.

При оценке конкурентоспособности разработки, необходимо проанализировать подобную продукцию различных производителей.

Прямой аналог – браслет «Стрелец». Этот браслет создан для контроля за сотрудниками на производствах. Браслет также имеет возможность подачи сигнала спасения. Браслет не оснащен динамиком и микрофоном. Информация о работе устройства выводится через экран.

Второе устройство-аналог «Aimoto Amulet» создано для городского использования людьми старшего поколения. Браслет оснащен экстренной кнопкой и кнопкой для связи с родственниками. Динамик и микрофон присутствуют.

Браслет «Safelife» по функционалу схож с предыдущим аналогом, отличие заключается в разных форм-факторах изделий.

В качестве основных конкурентоспособных разработок были выбраны данные устройства и представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Конкурентные разработки для сравнения

Название, производитель	Внешний вид
Прибор разработки ВКР	
Стрелец	

Продолжение таблицы 4 — Конкурентные разработки для сравнения

Название, производитель	Внешний вид
Aimoto Amulet	
Safelife	

Таблица 5 — Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
9. Ремонтопригодность	0,04	70	100	0,7	0,03
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
10. Конкурентоспособность продукта	0,06	85	100	0,85	0,05
11. Перспективность рынка	0,05	90	100	0,9	0,04
12. Уровень проникновения на рынок	0,05	90	100	0,9	0,04
13. Стоимость	0,06	80	100	0,8	0,05
14. Послепродажное обслуживание	0,05	85	100	0,85	0,04
15. Финансовая эффективность научной разработки	0,04	60	100	0,6	0,02
16. Срок выхода на рынок	0,05	65	100	0,65	0,03
17. Наличие сертификации разработки	0,06	70	100	0,7	0,04
Итого	1				0,83

Проведя расчёт оценки конкурентоспособности аналогов устройств для оповещения, можно сделать вывод, что разрабатываемый объект имеет преимущества перед конкурентами. Особое внимание в разработке смарт-браслета уделяется функциональности, безопасности, удобству в эксплуатации.

4.1 Технология QuaD

Разрабатываемый проект смарт-браслета рекомендуется проанализировать с точки зрения перспективности разработки. Для такого анализа существует технология QuaD, которая близка по содержанию к методике оценки конкурентных технических решений [34]. С помощью технологии QuaD можно провести анализ качества новой разработки и ее перспективности на рынке и принять решение о вложении денежных средств в разрабатываемый проект.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле (1):

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значения оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений размещены в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
Показатели оценки качества работа					
Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Простота эксплуатации (соответствует потребителям)	0.2	90	100	0.9	18
2. Компактность	0.1	90	100	0.9	9
3. Эстетичность	0.1	85	100	0.85	8.5
4. Эргономичность	0.15	85	100	0.85	12.75
5. Безопасность	0.25	95	100	0.95	23.5
6. Удобство подключения к зарядному устройству	0.05	100	100	1	5
7. Технологичность материалов	0.05	70	100	0.7	3.5
8. Долговечность	0.1	85	100	0.85	8.5
Итого	1	700	800	7	88.75

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности разработки равно 88.75, что означает, что разработка данного проекта перспективна. Однако, есть критерии, которые можно было бы исправить в последующих версиях разработки, чтобы достичь лучшего результата.

4.2 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований [35].

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по разработке элемента интерьера представлены в таблице 7.

Таблица 7 — Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Разработка модели	Инженер
	7	Оценивание правильности полученных данных путем сравнения их с существующими экспериментальными значениями	Научный руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Определение целесообразности проведения ОКР	Научный руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	10	Оценка эффективности модели	Инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер
	12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Научный руководитель, инженер
Оформление отчета по работе	13	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Научный руководитель, инженер
	14	Подведение итогов, оформление работы	Инженер

4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости тоже используется следующая формула (2):

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

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

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

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

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

Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой (3):

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3)$$

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

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

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

4.4 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Для этого следует воспользоваться следующей формулой (4):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 8). Коэффициент календарности за 2019 год равен 1,48.

Таблица 8 — Временные показатели поведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
1. Составление и утверждение технического задания	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1
2. Подбор и изучение материалов	5	–	7	–	5,8	–	5,8	–	9	–
3. Выбор направления исследований	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1

Продолжение таблицы 8 — Временные показатели поведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожсi}$, чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
4. Календарное планирование работ по теме	3	1	5	2	3,8	1,4	1,9	0,7	3	1
5. Проведение экспериментальной части	12	–	25	–	17,2	–	17,2	–	25	–
6. Разработка модели	2	–	4	–	2,8	–	2,8	–	4	–
7. Оценивание правильности полученных путем сравнения их с существующим и экспериментальными значениями	2	1	5	1	3,2	1,4	1	0,5	2	1
8. Определение целесообразности проведения ОКР	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1
9. Разработка блок-схемы модели	2	–	7	–	4	–	4	–	6	–
10. Оценка эффективности модели	2	–	4	–	2,8	–	2,8	–	4	–
11. Составление пояснительной записки	4	–	5	–	4,4	–	4,4	–	7	–
12. Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1
13. Согласование выполненной работы с научным руководителем	12	1	20	1	15,2	1	7,6	0,5	11	1
14. Подведение итогов, оформление работы	5	1	8	1	6,2	1	3,1	0,5	5	1

На основе полученных результатов, показанных в таблице 8, строится календарный план-график (табл.9). Работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, которые несут ответственность за ту или иную работу.

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				сент	октяб	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май			
1	Составление ТЗ	Исп. 1	4	■											
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп. 1 Исп. 2	4	■	▨										
3	Подбор и изучение материалов по теме, анализ существующих аналогов	Исп. 2	37		▨										
4	Выбор вариантов дизайн-решений	Исп. 2	37			▨									
5	Колористический, функциональный и эргономический анализ	Исп. 2	108			▨	▨	▨	▨	▨					
6	3D моделирование, макетирование	Исп. 2	33							▨	▨				
7	3D визуализация (видеоролик)	Исп. 2 Исп. 3	7							■					
8	Оформление чертежей	Исп. 2 Исп. 3	7							■					
9	Оформление планшетов, альбома, презентации в общем фирменном стиле	Исп. 2	15							▨	▨				
10	Изготовление окончательного варианта макета	Исп. 2	25									▨			
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-	Исп. 2	31										▨	▨	▨

	технической документации)														
12	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Исп. 2 Исп. 3	13												▨ ■
13	Социальная ответственность	Исп. 2 Исп. 3	13												▨ ■

■ Исп. 1 – научный руководитель

▨ Исп. 2 – студент-дизайнер

■ Исп. 3 – консультант

Бюджет научно-исследовательских работ. Группируем бюджет по статьям затрат, данные сводим в таблицы:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В расчете бюджета не используются такие статьи затрат, как «затраты на специальное оборудование для научных работ», «дополнительная заработная плата исполнителей темы», «затраты научные и производственные командировки», «контрагентные расходы», потому что не производим фактических затрат по ним в процессе проектирования.

4.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле (6):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}$$

(6)

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы [36].

Расходы приведены в таблице 10.

Таблица 10 — Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Печать пояснительной записки	страницы	100	3	300
Печать планшетов формата А0	штуки	2	2000	4000
Печать альбома формата А3	страницы	15	10	150
Картон	листы	4	190	760
Клей	штуки	2	90	180
Итого				5390

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 15 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны (7):

$$Z_m = 1,15 \cdot 5390 = 6198,5 \text{руб.}$$

(7)

4.5.1 Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Для проведения эксперимента было использовано оборудование (таблица 11).

Таблица 11 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Литьевая машина для пластмасс «DKM-1650SV»	1	15	1492	1492
2	Фрезерный станок «Frezak 6040 ST»	1	10	175	175
Итого:					1667 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации (8):

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (8)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация (9):

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{об\ i} \quad (9)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{об\ i}$ – время использования оборудования, дни.

Рассчитаем амортизацию для литьевой машины для пластмасс «DKM-1650SV», с учётом, что срок полезного использования 15 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{15} = 0,06.$$

Находим общую сумму амортизационных отчислений:

Для литьевой машины для пластмасс «DKM-1650SV», использованного в течение 10 дней:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{об\ i} = \frac{0,06 \cdot 1492000}{251} \cdot 10 = 3566,5 \text{ руб.}$$

Для фрезерного станка, эксперименты проводились в течение 15 дней:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{об\ i} = \frac{0,1 \cdot 175000}{251} \cdot 15 = 1045,8 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 3566,5 + 1045,8 = 4612,3 \text{ руб.}$$

4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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 надбавки и доплаты за условия труда, премии, 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) [37].

В данном разделе произведен расчет основной заработной платы основных исполнителей проекта: научного руководителя, студента-дизайнера, консультанта, по трем исполнениям. Месячный должностной оклад работника (10):

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (10)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, студента) от предприятия рассчитывается по следующей формуле (11):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (11)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 12);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (12):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} \quad (12)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	223

Месячный должностной оклад работника (13):

$$Z_m = Z_{окл} \cdot k_p \quad (13)$$

где $Z_{окл}$ – оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2019 год составлял 33664 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 35111,5 руб.

Оклад инженера на весну 2019 года составил 21760 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 22695,68 руб.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{окл}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	35111,5	1,3	45644,95	1923,87	5	9619,39
Инженер	22695,68		29504,5	1495,24	52	77752,73
Итого $Z_{осн}$						87372,1

4.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (14):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	9619,39	1154,32
Инженер		77752,73	9330,33
Итого			10484,65

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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 формулы (15):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	9619,39	77752,73
Дополнительная заработная плата, руб.	1154,32	9330,33
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	2919,67	23599,5
Итого	26519,18	

4.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов. Их величина определяется по формуле (16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} \quad (16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$Z_{\text{накл}} = (1767,5 + 32892,4 + 87372,1 + 10484,65 + 26519,18) \cdot 0,16 = 25445,7$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	6198,5
2. Затраты на амортизацию оборудования.	1197,2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87372,1
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10484,65
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26519,18
6. Накладные расходы	25445,7
Бюджет затрат НТИ	157217,33

4.6 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности проектной работы.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (17):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (17)$$

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

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

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

В качестве вариантов исследования внутренней структуры образцов карбида кремния выбраны ближайшие аналоги смарт-браслета, такие как Стрелец и Aimoto Amulet и соответственно рассчитан интегральный финансовый показатель для каждого метода:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{157217,33}{220000} = 0,71$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{195000}{220000} = 0,89$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{210000}{220000} = 0,95$$

4.6.1. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно определить по формуле (18):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \tag{18}$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная оценка дизайнерских характеристик дизайн-проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.
				
1. Функциональность	0.2	5	4	2

Продолжение таблицы 17 – Сравнительная оценка дизайнерских характеристик дизайн-проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.
2. Удобство в эксплуатации	0.2	5	3	5
3. Эргономичность	0.1	4	4	5
4. Безопасность	0.2	5	5	3
5. Эстетика	0.1	5	3	4
6. Технологичность в изготовлении	0.2	4	5	3
Итого	1	25	13	21

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,7$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 = 4,1$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исн.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (19):

$$I_{исн.1} = \frac{I_{p-исн.1}}{I_{финр.1}} \quad (19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) (20):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}} \quad (20)$$

Таблица 18 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,71	0,89	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,7	4,1	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	6,6	4,3	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,65	0,5

Сравнение значений интегральных показателей эффективности вариантов исполнения разработки показало, что более эффективным вариантом решения технической задачи, поставленной в магистерской работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является исполнение 1.

4.7 Итоги раздела

При выявлении оценки перспективности и альтернатив проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения коммерческого потенциала для работы «Специфика разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах» был произведен анализ конкурентных технических решений, результаты которого показали, что разрабатываемое устройство имеет некоторые характеристики, отличающие разработку от аналогов на рынке.

Сильные и слабые стороны решения, его возможности и угрозы, а также корреляция этих показателей были определены в ходе SWOT-анализа. Полученные показатели позволили определить направление развития разработки для достижения наибольшей востребованности среди целевой аудитории.

Созданный перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования лег в основу структуры календарного плана-графика, необходимого для детального планирования времени выполнения этапов научного исследования.

Оценка эффективности ИР, позволила сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,71, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 4,1 и 3,6;
- Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 6,6, по сравнению с 4,3 и 3,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

Освещением вопросов, которые касаются обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях, охраны труда и окружающей среды, занимается раздел социальной ответственности. В разделе проанализированы вредные и опасные производственные факторы, возможные чрезвычайные ситуации и приведены рекомендации по уменьшению их влияния на человека [38].

Предметом исследования является система требований разработки смарт-браслета и классифицирование их в зависимости от специфики и условий применения. Смарт-браслет - индивидуальное носимое устройство, обеспечивающее телеметрию и гео-позиционирование с передачей снимаемых параметров в систему по беспроводным каналам передачи данных. Область применения: горные карьеры.

Рабочее место дизайнера – помещение офисного типа площадью 30 м². В холодное время года используется водяное отопление. Вентиляция – естественная. В помещении совмещенный тип освещения. Работа осуществляется на индивидуальном рабочем месте с использованием персонального компьютера.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу обеспечения безопасности и здоровья составляют Конституция РФ, а также законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации и входящих в нее республик, и подзаконные акты.

5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации, рабочий день нормирован. Для совершеннолетних людей длительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников, возраст которых менее 16 лет – продолжительность рабочего времени не должна превышать 24 часов в неделю. Для людей в возрасте от 16 до 18, а также инвалидов I и II групп, норма предусматривает длительность рабочего времени не более 35 часов в неделю

[39].

Следует отметить, что для работников, которые работают с вредными условиями для жизни – продолжительность рабочего времени, не должна превышать 36 часов в неделю.

5.1.2 Требования к организации рабочих мест

Рабочее место — это неделимое в организационном отношении (в данных конкретных условиях) звено производственного процесса, обслуживаемое одним или несколькими рабочими, предназначенное для выполнения одной или нескольких производственных или обслуживающих операций, оснащённое соответствующим оборудованием и технологической оснасткой. Эргономические требования работ регламентируются ГОСТ.

ГОСТ 12.2.032-78 – нормирует эргономику «Рабочего места при выполнении работ сидя». В соответствии с требованиями конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [40].

Организация рабочего места, включает в себя все требования безопасности, санитарии, эргономики, антропометрии, технической эстетики. Пренебрежение данных требований, несет за собой получение производственной травмы, а также развитие профессионального заболевания.

5.1.3 Организационные вопросы обеспечения безопасности

Проблемами приспособления производственной среды к возможностям человеческого организма занимается эргономика. Эргономика – это наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения физиологии и психологии в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов, наиболее соответствующих высокой производительности труда.

Основные требования к размерам и конструкции рабочего стула в

зависимости от вида выполняемых работ приведены в ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 21889–76* «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. При компоновке постов и пультов управления необходимо знать, что в горизонтальной плоскости зона обзора без поворота головы составляет 120° , с поворотом – 225° ; оптимальный угол обзора по горизонтали без поворота головы – $30\div 40^\circ$ (допустимый – 60°), с поворотом – 130° . Допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130° , оптимальный – 30° вверх и 40° вниз.

Применение ножного управления дает возможность уменьшить нагрузку на руки и таким образом снизить общую утомляемость оператора. Педали следует применять для включения, пуска и остановки при частоте этих операций не более 20 в минуту, когда требуется большая сила переключения и не слишком большая точность установки органа управления в новом положении.

Производственная среда, являясь предметным окружением человека, должна сочетать в себе рациональное архитектурное и планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические решения (микроклимат, освещение, вентиляция), научно обоснованную цветовую окраску и создание высокохудожественных интерьеров.

5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, которые уменьшают риск воздействия опасных производственных факторов на работающих людей до приемлемого уровня. В данном разделе будут рассматриваться и анализироваться возможные вредные и опасные факторы, которые могут

возникнуть при проектировании и производстве корпуса смарт-браслета.

Для выявления потенциальных опасных и вредных факторов был изучен ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (табл. 19). В результате будет составляться список мероприятий, которые позволят избежать воздействия неблагоприятных факторов при проектировании, производстве и эксплуатации прибора. Данное исследование поможет снизить уровень опасности, в результате которой возможно причинение вреда здоровью работников, проектировщика и будущим пользователям объекта [41].

Таблица 19 – вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Превышение уровня шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

При разработке дизайн-проекта особенно много времени отводится на создание визуального образа с помощью использования персонального компьютера. Факторы, которые возникают при работе на ПЭВМ, могут образовать нарушение центральной нервной системы и функционального

состояния зрительного анализатора.

Проанализируем факторы, которыми характеризуется данная рабочая зона. К вредным факторам относятся:

- отклонение показателей микроклимата;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- психофизические факторы (монотонность труда, нервно-психические перегрузки, перенапряжение зрительных анализаторов).

К опасным факторам относятся:

- повышенное значение напряжения в электрических цепях;
- поражение электрическим током;
- короткое замыкание;
- статическое электричество.

Чрезвычайные ситуации характерные для данного объекта:

- пожар.

Отклонения показателей микроклимата

Микроклимат так же является одной из важных характеристик производственных помещений. Микроклиматические условия среды характеризуются такими параметрами как температура и скорость движения окружающего воздуха, относительная влажность, давление, тепловое излучение. Все эти факторы могут существенно влиять на организм работающего человека. В человеческом организме происходит непрерывное выделение тепла и теплоотдача его в окружающую среду. И при благоприятном микроклимате человек испытывает состояние теплового комфорта. СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» регулирует данные нормы.

Равновесие между теплопроводностью и теплоотдачей регулируются процессами терморегуляции — это способность организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела.

Организм человека отдает или воспринимает тепловую энергию различными способами - излучением, конвекцией, испарением влаги [42].

Нарушение теплового баланса у человека в условиях высоких внешних температур может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам, вплоть до потери сознания. А в условиях низких температур возможно переохлаждение организма, в результате которого могут возникнуть различные простудные заболевания.

Оптимальные значения этих характеристик зависят от климатического пояса, времени года (холодный или теплый), а также от категории выполняемых работ (разграничение работ по тяжести). Для инженера-дизайнера она является легкой (Ia), так как работа проводится в основном сидя и без систематических физических нагрузок. Оптимальные показатели представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Уровень шума является одной из важных характеристик производственных помещений. Основными источниками шума в помещении являются:

- система вентиляции и охлаждения процессоров;

- жесткие диски;
- уличный шум.

Повышенный уровень шума так же относится к группе опасных и вредных производственных факторов. Он неблагоприятно воздействует как в целом на организм человека, так и на органы слуха в частности. При длительном воздействии повышенного уровня шума у человека снижается производительность труда, может повыситься кровяное давление, понижается внимание. Это может привести к развитию заболеваний нервной системы и снижению остроты слуха в целом.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.» при выполнении любой работы уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ [43].

Недостаточная освещенность

Доказано, что приблизительно 80% от общего объема информации человек получает через зрительный канал. И качество всей поступающей информации во многом зависит от уровня освещения. При плохом освещении снижается производительность труда, увеличивается потенциальная вероятность ошибочных действий и в целом организм утомляется быстрее.

Организация правильного освещения при работе инженера-дизайнера играет значительную роль, так как она относится к зрительному типу работ большого объема. Игнорирование или пренебрежение данным фактором может привести к профессиональным заболеваниям зрительных органов.

В рабочем помещении сочетаются естественное освещение (через окна) и искусственное освещение (использование ламп при недостатке естественного освещения).

Данную норму регулирует СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

Необходимые требования приведены в таблице 21 [44].

Таблица 21 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк			Показатель дискомфорта, Н, не более	Коэффициент пульсации освещенности, К _п , %, не более
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении		
						всего	от общего			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Учреждения общего образования, начального, среднего и высшего специального образования										
33. Классные комнаты, кабинеты, аудитории общеобразовательных школ, школ-интернатов, средне-специальных и профессионально-технических учреждений, лаборатории, учебные кабинеты физики, химии, биологии и прочие	Рабочие столы и парты: Г-0,8	4,0	1,5	2,1	1,3	—	—	300 (500) ²	40	10
	Середина доски: В-1,5 ¹	—	—	—	—	—	—	500	—	10
34. Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	—	—	400	40	10
35. Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10
	Экран дисплея: В-1	—	—	—	—	—	—	200	—	—

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности происходит с помощью метода коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен.

Работа за компьютером с относительной продолжительностью зрительной работы менее 70% относится к разряду II, подразряду Б. В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения E_n должна быть не менее 300 лк. Коэффициент пульсации освещенности K_n не должен превышать 5%, коэффициент естественной освещенности не должен превышать 2,1%.

Индекс помещения определяется по формуле (21):

$$i = S / (h * (A + B)) \quad (21)$$

где А – длина помещения, В – ширина помещения, h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, S – его площадь.

Далее приведен расчет искусственного освещения для офисного помещения, в котором выполнялся проект.

Размеры помещения: $A=6,6\text{м}$; $B=4,5\text{м}$; $H=2,9\text{м}$; $S=30\text{м}^2$. Количество светильников $n=3$. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,7\text{ м}$. Расстояние от потолка до нижней части светильника $h_{cb} = 2,2\text{ м}$. Коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50\%$, так как стены окрашены светлой краской. Коэффициент отражения белого потолка $\rho_{п} = 70\%$. Коэффициент запаса $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$. Параметр для светильника типа Од $\lambda = 1,1-1,3$.

Следует рассчитать индекс помещения i по формуле (1). Значение $i=1,5$

Для освещения используются стандартные офисные светильники «Армсторонг». Световой поток, указанный в технических характеристиках светильника, равен 3060Лм . Исходя из полученного значения i , коэффициент использования светового потока $\eta = 51\%$.

Требуемый световой поток рассчитывается по формуле (22):

$$\Phi = \frac{En * S * K_z * Z * 100\%}{n * \eta} = \frac{300 * 30 * 1,5 * 1,1 * 100}{3 * 51} = 9705 \text{ (лм)} \quad (22)$$

Требуемый световой поток Φ , разделенный на световой поток, указанный в характеристиках светильника примерно равен 3. Столько светильников Армстронг должно быть в данном помещении. На основании полученного значения было рассчитано фактическое значение освещения в помещении по формуле (23):

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi * n * \eta}{S * K_z * Z * 100\%} = \frac{9705 * 3 * 51}{30 * 1,5 * 1,1 * 100\%} = 299 \text{ лм} \quad (23)$$

Полученное значение $E_{\text{факт}} = 299\text{ лк}$. Данный показатель соответствует нормам освещения.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи

В связи с наличием компьютерной техники для данного производственного объекта, существует вероятность поражения электрическим током. Для снижения риска поражения электрическим током необходимо соблюдать нормы электробезопасности.

Опасность поражения электрическим током заключается в том, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить высокое напряжение визуально, как, например, открытые люки или движущийся объект или не огражденные площадки на больших высотах. В таких случаях опасность выявляется слишком поздно — когда человек уже поражен током.

Помещение, где расположена компьютерная техника, относится к помещениям без повышенной опасности.

В нем присутствуют следующие факторы:

- токопроводящие полы и токопроводящая пыль;
- сырость (при относительной влажности, длительно превышающей 75%)
- температура, длительно превышающая 30°C;
- возможность одновременного прикосновения к заземленным металлоконструкциям и токоведущим частям электрооборудования.

Напряжение в электрической цепи регламентируется ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [45].

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в таблице 22.

Таблица 22 — Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина	
	В	I , мА
От 0,01 до 0,08	220	220
0,1	200	200
0,2	100	100
0,3	70	70
0,4	55	55
0,5	50	50
0,6	40	40
0,7	35	35
0,8	30	30
0,9	27	27

Продолжение таблицы 22 — Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина	
	В	I , мА
1,0	25	25
Св. 1,0	12	2

Опасность возникновения пожара

В помещениях, где расположена компьютерная техника, всегда существует риск возникновения пожара. Причиной этого может служить как неисправность электрооборудования, электропроводки или освещения, а также наличие в таких помещениях статического электричества. Неправильная эксплуатация техники или неудовлетворительный надзор за пожарными устройствами тоже может стать причиной пожара. Возникший на предприятии пожар наносит не только большой материальный ущерб, но и часто сопровождается несчастными случаями с работающими там сотрудниками [46].

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных и опасных факторов на исследователя (работающего)

Отклонения показателей микроклимата

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Регулярное и качественное техническое обслуживание персональных компьютеров, такое как чистка от пыли, своевременная смазка/замена вентиляторов, помогает снизить уровень шума. При необходимости рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты – наушники или вкладыши.

Для снижения уровня уличного шума рекомендуется устанавливать качественные стеклопакеты, а также организовывать посадку зеленых насаждений на прилегающих территориях.

Недостаточная освещенность

Светильники в помещении должны быть расположены равномерно по всей площади потолка, обеспечивая тем самым равномерное освещение всех рабочих мест.

Все освещение в рабочих помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Все нормированные значения КЕО для различных видов помещений приведены в СНиП с учетом разряда зрительных работ, ориентации и видов световых проемов, а также ресурса светового климата данного региона. КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении—2%, Кп—20%, при боковом освещении КЕО—0,5%, Кп—20%.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Индивидуальные компьютеры запитаны от сети переменного тока 220В и частотой 50Г, это напряжение является опасным для жизни и поэтому необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- перед началом работы необходимо убедиться, что все выключатели и розетки закреплены и не имеют оголенных токоведущих частей
- вокруг рабочего стола не должно быть никаких свисающих проводов
- при обнаружении какой-либо неисправности, необходимо сообщить работнику, ответственному за оборудование, не делая попыток исправить все самостоятельно.

Опасность возникновения пожара

Пожарная безопасность включает в себя комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей и предотвращения пожара, а в случае возникновения - создание условия для

ограничения его распространения и успешного тушения. Во всех помещениях на предприятии обязан быть установлен «План эвакуации людей при пожаре», который регламентирует действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывает места расположения средств пожаротушения.

Помещения с компьютерной техникой относятся к классу Г - пожары, связанные с горением в электроустановках. Поэтому типы огнетушителей, которые могут быть использованы в таких помещениях, могут быть только углекислотные или порошковые.

5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды — это совокупность мероприятий, влияющих на природные зоны: атмосфера, литосфера, гидросфера.

Основная задача — это создание условий экологической безопасности, защита сотрудников, окружающей природной среды от воздействия вредных выбросов, промышленных и бытовых отходов.

Регулярный контроль за соблюдением мер по предупреждению загрязнения территории, соблюдением экологических норм, обеспечивающих условия труда, предупреждающих эпидемии, различного рода аварии, приводящие к чрезвычайным ситуациям регламентируется ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения» [47].

Помещение, с расположенными в нем персональными компьютерами, относится к пятому классу, так как работа на них не представляет экологической опасности. Поэтому размер санитарно-защитной зоны составляет 50 метрам.

Металлы, использованные при производстве изделия, идет на повторную переработку, помогающую сэкономить природные ресурсы, либо на утилизацию на полигонах, что указано в стандарте ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [48].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное

явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС (ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения» [49]).

Возможные чрезвычайные ситуации: пожар, гроза, ураган, оползень.

Наиболее характерной чрезвычайной ситуацией для помещения с наличием техники, является пожар. Межгосударственный стандарт представлен в документе ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность [50].

Пожарная опасность персональных компьютеров, обусловлена наличием в них горючих изоляционных материалов. Поэтому данное помещение по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г (умеренная пожароопасность).

При строительстве зданий и сооружений применяют строительные материалы и конструкции, подразделяющиеся на три группы:

- быстросгораемые;
- трудносгораемые;
- несгораемые.

Здание, в котором находится помещение, относится к несгораемым.

Для предотвращения пожара в помещениях с техникой они должны быть оборудованы первичными средствами пожаротушения: углекислотными или порошковыми огнетушителями. В случае же возникновения пожара, необходимо предпринять меры по эвакуации всех сотрудников в соответствии с планом эвакуации, которые должны быть расположены на каждом этаже здания.

Дипломная работа выполнялась в офисе. Рабочий стол дизайнера расположен в помещении, которое на плане эвакуации обозначается как зал (рисунок 34).

Заключение

В процессе работы над ВКР магистра знания, полученные в рамках обучающей программы, были систематизированы и закреплены посредством выполнения исследовательской и практической работы. Были пройдены обязательные этапы научно-исследовательской работы по выбранной теме, пройдены все стадии разработки проекта от определения требований до конечного продукта.

В магистерской диссертации объектом исследования являлась система требований разработки смарт-браслета и ее классификация в зависимости от специфики и условий применения. Разнообразие аналогичных продуктов на рынке привело к осмыслению проблемы подбора устройства для использования в определённых условиях определённой целевой аудиторией.

Целью работы являлось выявление специфики разработки электронного браслета для обеспечения условий безопасности на промышленных объектах. Цель работы была достигнута путем последовательного выполнения поставленных задач.

Новизна исследования обеспечивается следующим:

1. в работе была выявлена специфика работы горнодобывающего производства путем описания поведенческой модели пользователя;
2. были описаны функциональные и конструктивные требования к смарт-устройству, основанные на особенностях специфики работы
3. были классифицированы функциональные характеристики в соответствии со степенью важности.

Результатом работы можно считать действующее устройство с соблюдением материалов и технологий изготовления, созданное с учетом сформулированной системы требований и их классификации.

Список литературы

1. Артемьев В. Б. и др. Промышленная безопасность, охрана труда, экология и медицина труда в СУЭК: итоги 2018 года. Задачи 2019 года. Культура, организация, безопасность и эффективность труда-основа развития производства в АО «СУЭК» //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №. S40. – С. 5-53.
2. Зачем нужны и как работают смарт-браслеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/flood/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 03.02.2020).
3. Актуальность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edunews.ru/students/vypusknaya/kak-pishetsya-aktualnost-v-diplomnoj-rabote.html> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.02.2020).
4. Современные системы безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/guide/sistemy-bezopasnosti.html> (дата обращения: 03.02.2020).
5. Персональные браслеты стрелец-про [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://argus-spectr.ru/wearable-devices> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).
6. Aimoto Amulet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kнопка24.ru/amulet/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).
7. SAFELIFE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.niisokb.ru/products/safelife/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).
8. Трекер Zodiak [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zodiakvideo.ru/assets/images/products/541/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).
9. Умный трекер REDMOND SkyTracker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://multivarka.pro/catalog/gadzhety/umnyu_treker_skytracker_08s/ – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).
10. GSM 3G Senior Alarm Helper [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.gsmalarmsystem.com/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).

11. GPS кулон Кнопка Жизни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://кнопка24.ru/lairac/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).

12. Браслет-трекер LG KizON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/823653> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).

13. CARCAM SMART WATCH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://carcam.ru/sport/smart_watches/ – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 01.04.2020).

14. Романова С. В. Практика применения электронных браслетов: история и современность //Концепт. – 2015. – №. 2.

15. Кондратова Н. В. Использование электронных идентификационных браслетов как инструмент повышения безопасности пациента в л ПУ //Врач и информационные технологии. – 2015. – №. 3.

16. Мартынов Н. В., Халаман А. Б., Гиль А. С. Электронный браслет системы мониторинга подконтрольных лиц. – 2012.

17. Нутфуллин Н. Х. Устройство тревожного оповещения об угрозе личной безопасности или нарушения состояния здоровья. – 2006.

18. Завгородний С. В. Устройство тревожной сигнализации на базе системы пульсометрии со встроенной системой gps/глонасс-навигации – 2011.

19. Медведев Д. С. персональное устройство для автоматизированного мониторинга параметров сердечно-сосудистой системы с возможностью экстренного оповещения в случае возникновения критических ситуаций. – 2014.

20. Кечичан Г. Способ и устройство для выдачи сигнала тревоги. – 2018.

21. Поведенческая модель пользователя // studfile URL: <https://studfile.net/preview/2947233/page:8/> (дата обращения: 03.04.2020).

22. Функциональные характеристики объекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gz.amurobl.ru/static/File/federal/fz44/instruction> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 03.04.2020).

23. Форм-фактор [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.crucial.ru/articles/pc-builders/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 07.04.2020).

24. Формообразование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formoobrazovanie-kak-osnova-distiplin-dizayn-proektirovanie-i-risunok> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 03.02.2020).

25. Чертеж как конструкторский документ. Основные правила оформления чертежа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cherch.ru/chtenie_i_vipolnenie_chertezhey/chertezh_kak_konstruktorskiy_dokument._osnovnie_pravila_oformleniya_chertezha.html – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

26. Масштабы (ЕСКД ГОСТ 2.302-68) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/eskd/eskd/GOST/2_302.htm – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

27. CAD-системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

28. Функциональность Autodesk Fusion 360 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-fusion-360/funkczional-autodesk-fusion-360> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

29. SolidWorks — стандарт трехмерного проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/6733> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

30. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.05.2020).

31. Создание 2D-чертежа на основе проекта Fusion 360 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/fusion-360/troubleshooting/caas/sfdarticles/sfdarticles/RUS/How-to-create-a-2D-drawing-from-your-CAD-file-in-Fusion-360.html> (дата обращения: 10.05.2020).

32. Обзор общих инструментов SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://help.solidworks.com/2018/russian/SolidWorks/sldworks/c_tool_and_die_desig

n_tools_overview.htm?format=P&value – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.05.2020).

33. Создание чертежа в Компас 3D по модели детали [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pavel-samuta.livejournal.com/13754.html> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.05.2020).

34. Технология QuaD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inventech.ru/technologies/quad/> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.03.2021).

35. Трудоемкость выполнения научного исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskiy-podhod-k-opredeleniyu-trudoemkosti-vypolneniya-nauchno-issledovatel'skoy-raboty> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.03.2021).

36. Расчет материальных затрат НТИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mydocx.ru/11-13684.html> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 18.03.2021).

37. Заработная плата [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: https://www.audit-it.ru/terms/trud/zarabotnaya_plata.html – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 18.03.2021).

38. Социальная ответственность: понятие и виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jurisprudence.club/teoriya-gosudarstva-prava-uchebnik/sotsialnaya-otvetstvennost-ponyatie.html> – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 20.03.2021).

39. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).

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

41. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

42. СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

43. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.»
44. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
45. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
46. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.
47. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
48. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
49. ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения».
50. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность.

Приложение А

(Справочное)

Раздел магистерской диссертации на иностранном языке

2. Design and art

Студент:

Группа	ФИО
8ДМ91	Гуменникова А.В.

Консультант школы отделения ОАР:

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ ШБИП	Бекишева Т.Г.			

In order to understand the functions of a smart bracelet, it is required to describe the whole complex.

A complex is two or more specified products that are not connected at the enterprise by assembly operations, but are designed to perform interrelated operational functions. The task of each of the specified products is to ensure the implementation of one or several functions of the complex.

In this case, the complex consists of four sensors, a Bluetooth detector and a smart bracelet (Fig. 6).



Figure 6. Visual representation of the composition of the complex

The complex is designed for employees to wear a bracelet and install other components in BelAZ.

BelAZ-75710 is an all-wheel drive two-axle mining dump truck with a carrying capacity of 450 tons manufactured by the Belarusian Automobile Plant. It was presented in September 2013, and in January 2014 set a Guinness record in Europe and the CIS, transporting a cargo weighing 503.5 tons across the test site. Weight: 360,000 kg. The car can drive up to 64 km / h. Height: 8.26 m (comparable to the height of a three-story building).

The driver, who is at a height of 8 meters from the ground, cannot always see the person who is below (Fig. 7). The complex was created in order to prevent situations of transport accidents involving large vehicles and people.



Figure 7. Photos of BelAZ

Four sensors are mounted around the BelAZ perimeter (Fig. 8). The Bluetooth detector is installed in the cab, not far from the driver, and receives information from the sensors.



Figure 8. Schematic drawing of BelAZ from above with the location of the sensors (red dots)

Sensors around the perimeter detect the distance from the car to employees wearing smart bracelets. If an employee is within 50 meters to BelAZ, an indication (sound, vibration and LED) is triggered on his bracelet. The driver receives a notification via the Bluetooth detector: the LED lights up and an audible alert sounds. Thus, both employees receive information about the possibility of an emergency and can take action to prevent it.

In the event of other unforeseen incidents at mountain pits (landslides, hurricanes, thunderstorms), all employees are warned immediately by means of an indication on the bracelet.

2.1. Requirements for a smart bracelet

Device design begins with the formulation of user requirements, which can be

formulated by describing a behavioral model.

2.1.1. Description of the user's behavioral model

First, you need to determine the life cycle of the device. The first stage is design and production. Then the device goes to the customer, and this stage is designated as acceptance by the supply department on the customer's side. Next comes the introduction of devices. Upon completion of the implementation process, the work of specialists begins using the complex, this stage is the longest and most important for the consumer. The final stage is decommissioning.

The following is a detailed explanation of all stages.

V) Acceptance by the purchasing department at the customer's side.

- 1) Opening of the group packaging.
- 2) Opening of the individual packaging.
- 3) Checking the kit components.
- 4) Checking the integrity of products (functionality, mechanical damage).

VI) Implementation of devices.

- 1) Functionality test.
- 2) Installation of the complex.
- 3) Complex connection.

VII) The working process.

- 1) Acceptance of a device by an employee when taking a shift.
- 2) General requirements.
- 3) Entering and leaving the work area.
- 4) Work with technical equipment.
- 5) Work with electronic equipment.
- 6) Work in clothes and special equipment.
- 7) Obtaining biometrics.
- 8) Getting coordinates using GPS.
- 9) Location data transmission.

10) Data transmission to the dispatcher (information on biometric indicators of employees and their positions).

11) Voice communication with the dispatcher.

12) Emergency alert.

A) it should be possible to receive instructions from the dispatcher.

13) Device status alert.

14) Returning the device at the end of the shift.

VIII) Decommissioning.

1) Fault indication.

2) Packing of individual kits.

3) Group kit packing.

4) Opening of the kit.

5) Completeness check.

6) Recycling.

As a result of the work, the complete cycle of the device was described. Upon completion of the design, it is planned to additionally check the device for compliance with all requirements.

2.1.2. Description of the required structural elements

Firstly, some conclusions can be drawn from the behavioral model. To begin with, it was determined that the form factor of the bracelet should be a plastic wrist form. The material of the smart bracelet is plastic, some elements of metal are possible to ensure higher durability of the device. The dimensions of the device should not exceed 55 * 55 * 25 mm, this is due to ergonomic standards.

The bracelet strap should be adjustable. The strap can be made as a polyamide tape with Velcro patches, an alternative is a silicone strap. It is intended to include a replacement strap in the kit.

Display requirements. Vibration indication should notify when the status of each element changes: loss of GPS signal, biometric data, errors in the operation of the WiFi, low battery level of the device. Light indication assumes the location of 4 LEDs, indicating the correct operation of GPS, biometrics, WiFi, Power.

The designer needs to keep in mind the location of antennas in the case. Thus, the GPS antenna should not be obstructed by any metal elements to correctly read and send data without interruption.

Emergency notification of the dispatcher by the worker should be carried out by pressing two symmetrical buttons at the same time. This decision was made on the basis of the following reasoning: the clamping of one button can occur due to random circumstances, since the worker makes active movements with his hands. The accidental ability to hold down two symmetrical buttons at the same time is drastically reduced.

The capacity of the battery connected to the PCB should not be lower than 450mAh.

In addition to the functional requirements described in section 1.4., There are some general technical and individual requirements for the bracelet.

Secondly, there are general requirements, such as the availability of the opportunity to buy, order, and manufacture the designed product.

Thirdly, there are individual requirements. The individual requirements are described below and possible implementation options are discussed.

The following requirements are imposed on the case of the bracelet in accordance with the specifics of its use:

- the technical task dictates the dimensions;
- taking into account the ergonomics of the case (design and materials).

Possible case design options:

- form-factor (cylindrical, cubic design);
- the top and bottom covers can be made of plastic, silicone, metal;
- the middle part can be made of plastic or metal, provided that the rigidity of the structure is maintained;
- the structure can be divided into three (upper, middle, lower part) or two component parts, for example, if the upper cover and the middle part are a single piece;

- it is possible to add a graphic element to the top cover;
- protection against dust and moisture IP67.

Electronics Requirements:

- the terms of technical requirements determine the dimensions of the case, which determine the dimensions of the electronics elements;
- technical features in accordance with the statement of work;
- speaker and microphone are separated into different parts of the body.

Possible options for the implementation of electronics:

- power: wireless charging, pogo pin connector, micro-USB + plug;
- light guides can go out to the body , being with a semicircular cap.

Requirements for fastening elements:

- compliance with the dimensions of the case;
- matching the sizes of possible holes in the printed circuit board.

Possible attachment options:

- latches;
- metal fastenings;
- plastic fastenings.

Strap Requirements:

- taking into account the size of the case and the bracket for the strap;
- the product should be made of comfortable and practical material;
- good fixation of the bracelet on the arm.

Possible strap options:

- strap is made of polyamide tape;
- silicone strap (individual production);

- buying a ready-made strap from another bracelet.

2.2. LED indication operation

Before starting the design of the enclosure, consider possible malfunctions of the device and the behavior of the LED indication.

GPS		
Light-emitting diode	seconds	designation
	2-1-2-1	OK
	2-1-2-1	MALFUNCTIONS
	constant	CRITICAL ERROR

WI-FI + BLE		
Light-emitting diode	seconds	designation
	2-1-2-1	BLE OK WI-FI OK
	1-1-1-1	BLE MALFUNCTIONS WI-FI OK
	2-1-2-1	BLE OK WI-FI MALFUNCTIONS
	constant	BLE MALFUNCTIONS WI-FI MALFUNCTIONS

Biometric data		
Light-emitting diode	seconds	designation
	2-1-2-1	OK
	2-1-2-1	MALFUNCTIONS
	constant	CRITICAL ERROR

Battery + device status		
Light-emitting diode	seconds	designation
	2-1-2-1	Included, running
	2-1-2-1	Low battery
	constant	Charge in progress

All LEDs	seconds	designation
No LED is on	constant	Not included, not working
	1-1-1-1	ALARM

2.3. Design Methods

There are many approaches to the design process. The most popular are the following methods:

- analogy method,
- aggregation method,
- association method,
- method of "getting used to the role",
- "brainstorming" method.

Most often, designers use several design methods at once to achieve a satisfactory result.

Analogy method. The method of cognition and creativity, based on finding and using similarities.

Distinguish analogies:

- trivial - well-known
- heuristic - unexpected, search

The designer can use analogies of the following types:

- Direct.
- Subjective. The designer tries to imagine what he would feel if he were this or that object, for example, a table or a wardrobe.
- Symbolic. Metaphors and comparisons where characteristics of one object are identified with the characteristics of another
- Fantastic. Representing things as if they are not in reality.

Thus, in Chapter 1 of the work, design is described by the method of analogies.

The necessary characteristics of the future project were identified and assessed, based on trivial direct analogs.

Aggregation method. Artistic design, based on the fact that the product is considered as a structure divided into independent units, combinations of which can perform one or another one function, and when rearranging their working functions change. It was decided not to use this method, since the parts of the assembly can work correctly only in complex.

Association method. A method of forming a project idea based on a comparison of phenomena, objects, qualities that are far from each other. It is proposed to use this method in future sketches of smart devices. This method can serve as an assistant in the development of an ergonomic device using bionic motifs.

Method "Living in the role". Understanding of design tasks, taking into account the predicted consumer response. This method is implemented in the description of the user's behavioral model.

Brainstorming method. The method of stimulating the productivity of creative activity due to its release from restrictions. The method consists in the accumulation of ideas without evaluating them as true or false, without subjecting them to analytical analysis. This method is planned to be implemented in the preliminary design part.

2.4. Shaping methods

Shaping is an integral part of the design process. Shaping is the process of creating a form in the activities of an artist, architect or designer in accordance with the general value attitudes of culture and certain requirements related to the aesthetic expressiveness of the future object, its function, construction and materials used.

Having studied the literature on technical aesthetics, the criteria for optimal shaping were drawn up, in accordance with which the sketches will be executed:

- Rationality. Rationality is understood as the logical justification, the appropriateness of the form.

□ Tectonicity. Basically, this principle means conformity to the shape of the structure. With this correspondence, the structure becomes a composite-plastic means of shaping.

□ Structurality. The purpose of structural shaping is to find a harmonious connection between the elements that make up the form.

□ Flexibility. The form should be capable of development while maintaining integrity.

□ Organic. This principle determines the construction of the composition, taking into account the laws of shaping that are manifested in nature.

□ Imagery. This criterion reflects a clear and deep disclosure of a certain artistic idea in the composition.

□ Integrity. This is an all-encompassing and unifying criterion for compositional and artistic shaping in design. As a result of this establishment, the general nature of the form is revealed.

These criteria make it possible to fully assess the conformity of the form to the image.

2.5. Creation of design solutions

It was decided to start the search for design solutions with sketching. The sketches are supposed to reflect the DNA design and the search for the future form factor of the product.

DNA design is some of the elements of a product's appearance that distinguish it from competitors. Many modern large manufacturing companies have DNA design. For example, these are characteristic lines that are repeated in the product and the corporate identity of the brand. Sometimes it is the color by which the user subconsciously distinguishes one brand from another.

The first sketches were made using green accent, this is suggested as part of the DNA (Fig. 9). From the search options for the distinctive features of the device, presented in the figures, it is possible to single out repeating symbols resembling the letter "i", which is repeated in the name of the company "Intec industrial design";

square elements that are repeated in the company logo; dynamic lines that envelop the entire surface of the device, symbolizing electrical circuits.

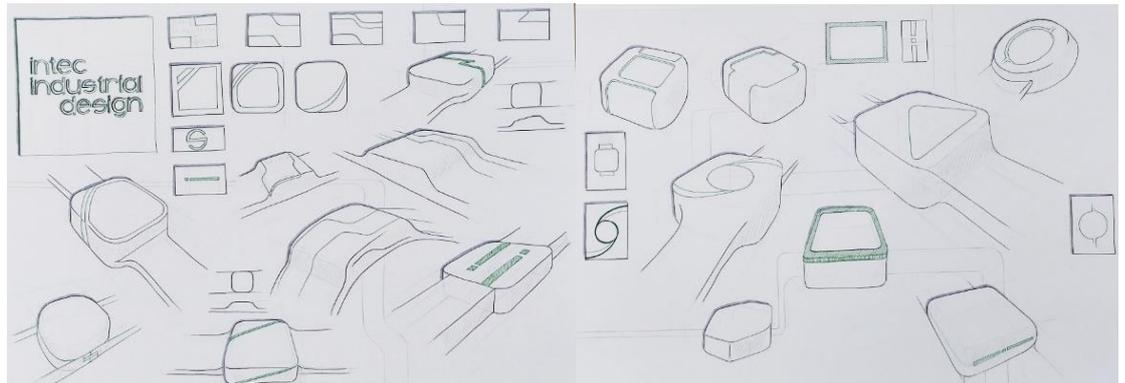


Figure 9. Sketches of DNA design

In the process of work, the need to work with the ergonomics of the device became obvious; for this, the bracelets were depicted on the hand, with additional elaboration of the case in accordance with the above ergonomic requirements (Fig. 10). Also, attention was paid to the strap, LED indication of the device and the location of the buttons.

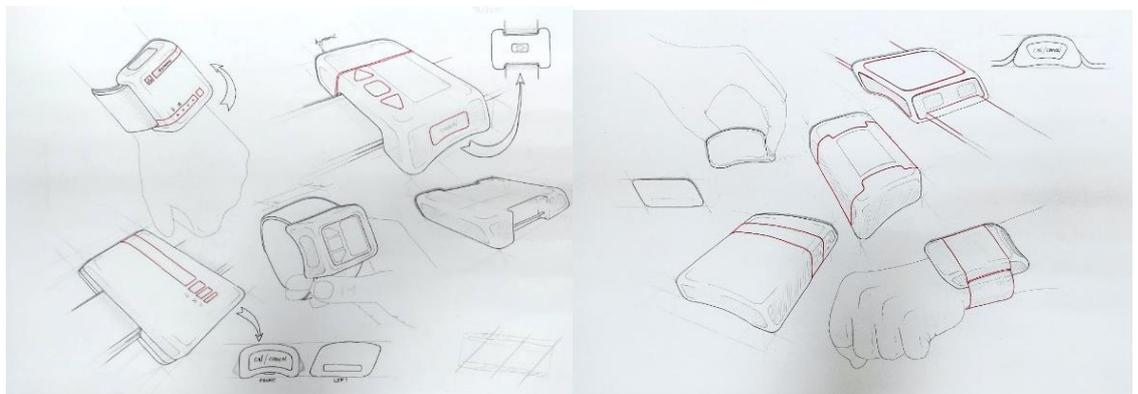


Figure 10. Additional sketches with elaboration

The sketches were discussed with production, electronics and marketing specialists. By a general decision, the most promising options were selected that needed to be tested.

The experiment was carried out by creating a volumetric shape and checking it for compliance with aesthetic and ergonomic requirements (Fig. 11).

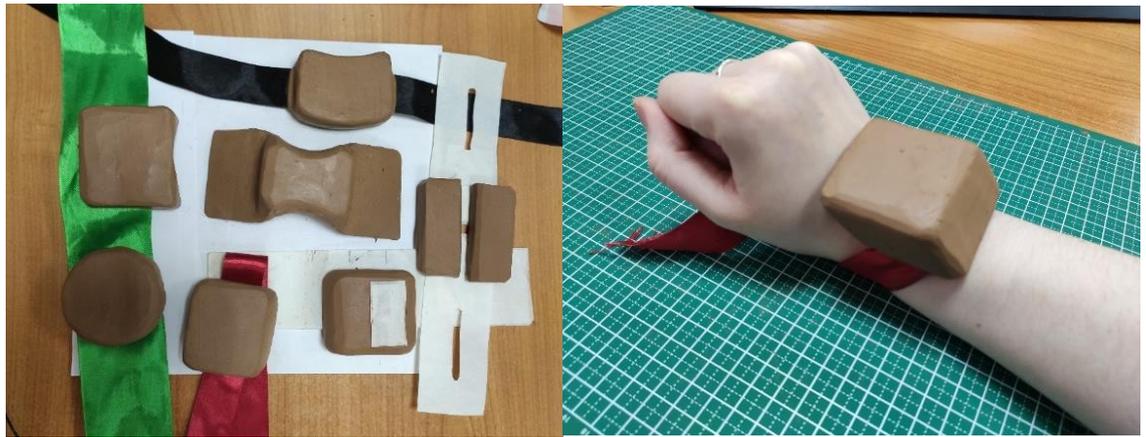


Figure 11. Checking volumetric shapes for compliance with requirements

The volumetric forms were tested by different people, their opinions, wishes and suggestions regarding the further development of the project were taken into account.

2.6. Conclusion on the chapter

The development of a smart bracelet equipped with an alert function for employees can ensure health preservation in some hazardous work situations.

As a result of the work, the necessary structural elements were identified, based on the functional characteristics of the object, which were formed based on the user's requirements.

The main target of the second chapter was to determine the behavioral model of the device in order to identify the necessary structural elements using the example of a smart bracelet.

The following tasks were:

1. determining the functional characteristics of the device and its target audience;
2. a description of the user's behavioral model;
3. formation of requirements for structural elements of the body;
4. creation of sketches in accordance with the new data.

As a result, the stages were passed to ensure the declared functional

characteristics of the object, thereby creating the necessary basis for further design, production and implementation of the device. Sketches were created, which are the basis for further design and detailed design of the electronic device.

