

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

Школа: Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Отделение: электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Светильник следящий за рукой»

УДК 1: 628.943:681.513.3:681.586'325:611.717

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Дергачев Ф.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева И.И.	-		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Арышева Г.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
ОПК(У)-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
ОПК(У)-3	Способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей;
ОПК(У)-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации;
ОПК(У)-5	Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

ОПК(У)-6	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;
ОПК(У)-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
ОПК(У)-8	Способность использовать нормативные документы в своей деятельности;
ОПК(У)-9	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
ПК(У)-2	Способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-3	Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
ПК(У)-4	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК(У)-5	Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
ПК(У)-6	Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы
ПК(У)-7	Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ В.С. Иванова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А7Б	Дергачев Фёдор Владимирович

Тема работы:

«Светильник следящий за рукой»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.01.2021, 25-15/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект проектирования: светильник с функцией слежения. Режим работы: непрерывный. Устройство отслеживает положение руки на рабочей области стола и осуществляет перемещение источника освещения с функцией регулировки яркости.</p> <p>Материал корпуса: ABS-пластик</p> <p>Эксплуатация: отапливаемое закрытое помещение с нормальными условиями.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор существующих светильников и методов автоматического перемещения 2. Разработка функциональной схемы; 3. Разработка принципиальной схемы; 4. Проектирование и изготовление печатной платы; 5. Проектирование и изготовление элементов корпуса устройства; 6. Написание программного кода; 7. Сборка и проверка работоспособности макета устройства.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ФЮРА.676231.038 001 ЭЗ ФЮРА.676231.038 001 ПЭЗ ФЮРА.676231.038 002 ЭЗ ФЮРА.676231.038 002 ПЭЗ</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p style="text-align: center;">«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p style="text-align: center;">Гасанов Магеррам Али оглы</p>
<p style="text-align: center;">«Социальная ответственность»</p>	<p style="text-align: center;">Авдеева Ирина Ивановна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p style="text-align: center;">-</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.02.2021</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">Доцент ОЭИ</p>	<p style="text-align: center;">Иванова В.С.</p>	<p style="text-align: center;">к.т.н</p>		<p style="text-align: center;">01.02.2021</p>
<p style="text-align: center;">Старший преподаватель ОЭИ</p>	<p style="text-align: center;">Коломейцев А.А.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>		<p style="text-align: center;">01.02.2021</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">1А7Б</p>	<p style="text-align: center;">Дергачев Фёдор Владимирович</p>		<p style="text-align: center;">02.02.2021</p>

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение **электронной инженерии**

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.03.2021	<i>Раздел 1. Обзор существующих светильников и методов автоматического перемещения</i>	14
23.03.2021	<i>Раздел 2. Разработка функциональной части макета светильника</i>	14
15.04.2021	<i>Раздел 3. Расчёты и проектирование макета светильника</i>	14
04.05.2021	<i>Раздел 4. Проверка работоспособности макета светильника</i>	14
12.05.2021	<i>Раздел 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
14.05.2021	<i>Раздел 6. Социальная ответственность</i>	15
07.06.2021	<i>Оформление ВКР</i>	14

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А7Б	Дергачеву Федору Владимировичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> <p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p><i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i></p>
<p>2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i></p>	<p><i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i></p>
<p>3. <i>Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i></p>	<p><i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ</i></p>
<p>4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i></p>	<p><i>Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом</i></p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<p>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></p> <p>2. <i>Матрица SWOT</i></p> <p>3. <i>График проведения НИ</i></p> <p>4. <i>Определение бюджета НИ</i></p> <p>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></p>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		27.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Дергачев Федор Владимирович		27.02.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А7Б	Дергачеву Федору Владимировичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР:

«Светильник, следящий за рукой»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования - устройство «Светильник, следящий за рукой»</p> <p>Рабочая зона – Площадь отапливаемого помещения 16 м², высота помещения 4 м, объем 64 м³. Освещение смешанное, наличие ПК и рабочего стола оператора. Присутствует местная вытяжная вентиляция, а также приборы, позволяющие закреплять или держать элементы, предназначенные для пайки. Технологический процесс включает в себя работу с припоем, флюсом, паяльником и электронным оборудованием.</p> <p>Область применения – бытовая, в качестве источника локализованного освещения.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 29.12.2020 N477-ФЗ Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Федеральный закон от 30.12.2020 г. №503 – ФЗ; 2. ГОСТ 12.2.032-78 3. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ; 4. ГОСТ 12.4.011-89 5. ГОСТ 12.1.005-88 6. СанПиН 1.2.3685-21; 7. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ; 8. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ; 9. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ; 10. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ; 11. СП 52.13330.2016; 12. НПБ 105-03; 13. СОУТ ТПУ 2019; 14. Конституция Российской Федерации.

	15. ТИ Р М-075-2003 16. МР 2.2.9.2311-07
2. Производственная безопасность:	<p>Вредные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вредные вещества (выделяются при пайке); 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Неудовлетворительный микроклимат. <p>Психофизические факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Монотонность труда; 2. Умственное перенапряжение; 3. Эмоциональные и физические перегрузки. <p>Опасные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током; 2. Короткое замыкание; 3. Повышенный уровень напряженности электростатического поля; 4. Термическая опасность.
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: испарения вредных веществ при пайке (канифоль, флюс и прочее).</p> <p>Гидросфера: смывка и сметка с рабочего места остатков флюса, припоя и обрезков проводов.</p> <p>Литосфера: отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств, люминесцентных ламп.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пожары, взрывы; 2. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления. <p>Наиболее вероятной ЧС -пожар в аудитории с используемой паяльной станцией в период сборки устройства.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Дергачев Федор Владимирович		13.02.2021

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 85 страниц, 32 рисунка, 21 таблицу, 55 источников, 12 приложений.

Ключевые слова: Система слежения, автоматическое перемещение, источник освещения.

Объектом исследования является разработка настольного источника освещения с функцией слежения.

Цель работы – разработка настольного источника освещения с функцией слежения, моделирование, разработка программного кода.

В процессе исследования проводилось изучение методов определения положения, изучение программной среды *Arduino IDE* 1.8.13, изучение программной среды *Processing* 3.5.4. Моделирование проводилось в среде *NI Multisim* 14.2. Схема электрическая принципиальная выполнена в САПР *Altium Designer* 19.1.9, модель корпуса разрабатывалась в *T-flex*, печатная плата изготавливалась по лазерно-утюжной технологии.

В результате исследования разработана схема электрическая принципиальная, создана *3D*-модель печатного узла, создана *3D*-модель корпуса устройства и подвижного подвеса, создана печатная плата, создан подвес, написан программный код работы устройства и имитирования элемента устройства.

В будущем планируется изготовить недостающий элемент устройства, написать для него программный код, расширить функционал устройства.

Определения, обозначения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 29.12.2002 N477-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя»

ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»

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

СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»

ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»

ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевые типовые инструкции по охране труда для работников, занятых проведением работ по пайке и лужению изделий»

ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»

ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов»

ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения»

ГОСТ Р 55090-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги»

ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»

СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования»

Федеральный закон от 30.04.2021 г. №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях»

НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

Федеральный закон от 30.12.2020 г. №503 – ФЗ «О специальной оценке условий труда»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Bluetooth 5.1 – стандарт беспроводной связи, предназначенный для обмена информацией на коротких расстояниях с помощью стационарных и мобильных устройств, позволяющий определить угол с которого пришел сигнал.

UART – узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству.

JTAG – цифровой интерфейс предназначенный для подключения сложных цифровых микросхем или устройств уровня печатной платы к стандартной аппаратуре тестирования и отладки.

Ключевая схема – электрический коммутационный аппарат или устройство, применяется для замыкания и/или размыкания электрической цепи или группы электрических цепей.

Оглавление

Введение	18
1 Обзор существующих светильников и методов автоматического перемещения	19
1.1 Существующие светильники	19
1.2 Методы автоматического перемещения	21
1.3 Системы слежения	23
1.3.1 Ультразвуковой измеритель расстояния	23
1.3.2 Системы машинного зрения	24
1.3.3 <i>Bluetooth</i> 5.1	25
1.3.3.1 <i>Bluetooth AoA</i> и <i>AoD</i>	26
2 Разработка функциональной части светильника	29
2.1 Функциональная схема	29
2.2 Блок управления системой и настройки работы	30
2.3 Блок освещения	31
2.4 Блок перемещения	33
2.5 Блок генерации сигнала управления	35
2.6 Питание схемы	36
2.7 Блок приема сигнала	37
3 Расчеты и проектирование макета светильника	40
3.1 Схема питания	40
3.1.1 Расчет компонентов схемы	40
3.1.2 Моделирование схемы	41
3.2 Проектирование печатных плат	42
3.3 Разработка деталей корпуса устройства	43

3.4 Программный код макета устройства	44
3.5 Изготовление печатной платы	46
4 Сборка макета и проверка работоспособности устройства	47
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	49
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	50
5.1.3 <i>SWOT</i> -анализ	52
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	54
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	55
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	56
5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	57
5.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	58
5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	59
5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
5.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки	62
5.2.4.7 Контрагентные расходы	62
5.2.4.8 Накладные расходы	62
5.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	63
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64

5.4 Заключение по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
6 Социальная ответственность	67
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	67
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	68
6.2 Производственная безопасность	68
6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	69
6.3 Экологическая безопасность	74
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	75
6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	75
6.3.3 Анализ влияния процесса изготовления на окружающую среду	75
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	76
6.5 Выводы по разделу	78
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложение А Схема блока приема сигнала электрическая принципиальная ФЮРА.676231.038 001 ЭЗ	86
Приложение Б Схема блока приема сигнала перечень компонентов ФЮРА.676231.038 001 ПЭЗ	87
Приложение В Геометрические размеры слоев проводника массива антенн	88
Приложение Г Схема питания электрическая принципиальная ФЮРА.676231.038 002 ЭЗ	90
Приложение Д Схема питания перечень компонентов ФЮРА.676231.038 002 ПЭЗ	91

Приложение Е Слои печатной платы блока приема сигналов полученной в <i>Altium Designer</i>	92
Приложение Ж 3D модели подвижного подвеса	94
Приложение И Программный код Arduino	95
Приложение К Программный код Processing	97
Приложение Л Этапы изготовления печатной платы	99
Приложение М Временные показатели проведения научного исследования	100
Приложение Н Календарный план-график проведения НИОКР	102

Введение

Освещенность – одна из важных характеристик микроклимата рабочего помещения. Для комфортной работы внутри зданий и помещений при выполнении зрительных работ установлены санитарно-эпидемиологические требования к освещенности [1]. Отсутствие достаточной освещенности может приводить к снижению работоспособности, потере концентрации, и ухудшению зрения в долгосрочной перспективе.

Для работы с объектами, требующими большой концентрации на небольшой области, чаще всего применяют местное освещение так как нет необходимости создавать мощный световой поток на площади всего рабочего места и достаточно использовать точечный источник, свет которого будет сконцентрирован на объекте повышенной концентрации внимания. Например, для этого используют настольные светильники с отражателем, который направляет свет только на рабочую область.

В условиях, когда требуется концентрировать внимание сразу на нескольких зонах рабочего места может возникнуть проблема: точечные источники света освещают не большую область и для работы сразу в нескольких зонах рабочего места необходимо перенаправлять источник. Установка мощного источника общего освещения, который не потребует постоянно перемещать для точных зрительных работ нецелесообразно, так как постоянная освещенность всего рабочего места не требуется, и требует больших энергозатрат и также как и недостаточное освещение рабочего места, может негативно сказаться на работоспособности.

Объектом исследования данной работы является источники освещения с функцией автоматического перемещения и слежения решающие данную проблему.

Предметом исследования является разработка модели следящего светильника.

1 Обзор существующих светильников и методов автоматического перемещения.

Как было упомянуто ранее существует проблема необходимости ручного перемещения источника света. Решением данной проблемы является автоматизация этого перемещения. В данной главе будут рассмотрены существующие на данный момент умные светильники, основные используемые на данный момент способы автоматического перемещения и выбран наиболее подходящий для данной проблемы. Затем рассмотрим методы, которые существуют и более подробно рассмотрим метод, реализуемый в данном устройстве.

1.1 Существующие светильники

На данный момент существует множество светильников с расширенным функционалом, рассмотрим некоторые из них.

На рисунке 1 изображена настольная лампа *Eyecare Lamp* с расширенным, по сравнению с обычной лампой, функционалом [2].



Рисунок 1 – Настольная лампа *Xiaomi Philips Eyecare Lamp* [2]

Функции лампы *Eyecare Lamp*:

- Настройка сгибающимся шарниром;
- Регулировка яркости;
- Управление, настройка режимов работы через мобильное приложение;

- Автоматическая настройка яркости через сенсор освещенности;
- Сенсорное управление.

Из плюсов данного светильника можно отметить гибкую настройку яркости освещения, как в ручном режиме, так и в автоматическом. Но его, как и обычный источник местного освещения нужно вручную перемещать, при смене рабочей зоны.

Рассмотрим светодиодный светильник *Globo Lighting Sophie 58334* [3] представленный на рисунке 2. Данный светильник имеет встроенный аккумулятор, позволяющий работать без источника сетевого напряжения, в корпус встроен дисплей, на котором отображаются, время и температура в комнате. Присутствует регулировка цветовой температуры света в диапазоне 3000-5800 кельвинов [3]. Регулировка положения в данном светильнике осуществляется вручную.



Рисунок 2 – Светильник *Globo Lighting Sophie 58334* [3]

Возможно расширить функционал обычного светильника используя в нем «умную» лампочку. Например *Xiaomi Mi LED Smart Bulb* [4], изображенную на рисунке 3.



Рисунок 3 – *Xiaomi Mi LED Smart Bulb* [4]

Данная лампочка имеет регулировку цвета освещения, и регулировку яркости. Управление осуществляется по Wi-Fi, с возможностью интеграции в систему умного дома [4].

Исходя из рассмотренных аналогов, на данный момент на рынке не представлено расширение функционала настольных светильников, добавлением автоматического изменения направления источника света. В качестве устройства, на функционал которого можно ориентироваться при разработке нового устройства будем использовать *Xiaomi Philips Eyecare Lamp* так как она имеет гибкую регулировку положения.

1.2 Методы автоматического перемещения

Для перемещения источников света используют в основном три способа автоматического перемещения: согласно заданной программы [5], при помощи системы слежения [6] и дистанционным управлением [7].

Перемещение согласно заданной программы активно используется в системах автоматизированного освещения теплиц [5], поскольку заранее известно, как необходимо регулировать положение светильника и есть возможность создать алгоритм работы основываясь только на известных данных. Для настольного светильника подобного алгоритма не существует, так как требуемое положение может быть различно и не может быть рассчитано.

Системы дистанционного управления тоже достаточно распространены на данный момент. Дистанционное управление применяется в системах студийного освещения и для освещения на массовых мероприятиях, как изображенная на рисунке 4 система освещения. В системах управления дистанционно присутствует существенный недостаток, который не позволяет их использовать для решения поставленной задачи: для управления необходим оператор, который дистанционно перемещает источник света, а разрабатываемое устройство должно действовать автономно.



Рисунок 4 – Источник света с дистанционным управлением [8]

Системы слежения автономно отслеживают определенные параметры среды и на основании полученных данных перемещают источник света на заданный угол. Данные системы используют в случае, когда управление оператором не желательно, например, в автомобильных фарах представленных на рисунке 5, собранные данные о наличии впереди автомобиля, позволяют регулировать угол поворота фар. Метод позволит управлять положением точечного источника света без дополнительных действий, но при этом система сохранит возможность произвольно менять свое положение в текущий момент времени. Это наиболее подходящий для разрабатываемого устройства метод управления.

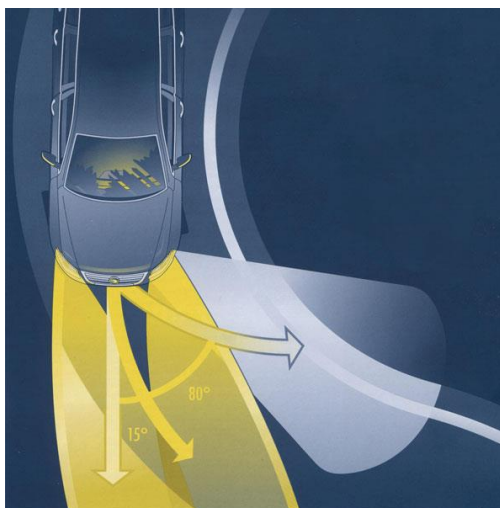


Рисунок 5 – Адаптивные поворотные фары [9]

1.3 Системы слежения

Существует множество систем слежения, основанных на различных принципах отслеживания положения предмета, предназначенные для получения информации о местоположении с различной точностью. Для поворота светильника в направлении рабочей области подойдут только методы способные обеспечить точность в несколько сантиметров на площади в несколько метров квадратных. Поэтому системы с погрешностью больше нескольких сантиметров как *GPS* [10], или системы с рабочей областью менее нескольких метров, как оптические энкодеры, не будут рассмотрены.

В данной работе рассматриваются следующие методы слежения: ультразвуковой, машинного зрения, и при помощи *Bluetooth 5.1*, так как для корректной работы необходимо определить, где в данный момент на рабочем месте находится рабочая зона и данные методы определяют местоположение с достаточной точностью.

1.3.1 Ультразвуковой измеритель расстояния

Система слежения основана на определении расстояния до предмета при помощи измерения времени, которое потребовалось ультразвуку на преодоление расстояния от источника к предмету и назад к приемнику.

Для того, чтобы определить положение предмета, данной системе необходимо сначала зафиксировать значения, приходящие с датчика при отсутствии отслеживаемого предмета т.е. просканировать область рабочего места. Затем постоянно сканировать область на наличие изменений в показаниях с датчика, модель ультразвуковой системы слежения представлена на рисунке 6.

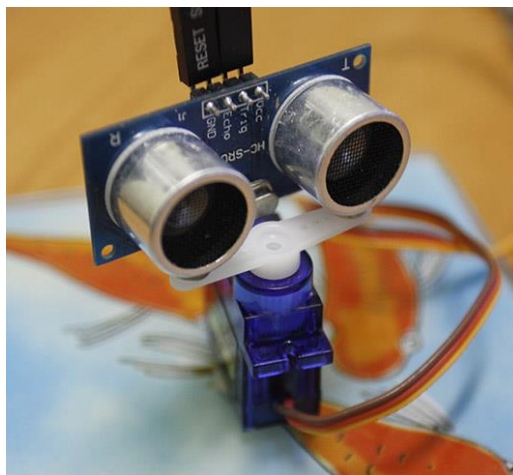


Рисунок 6 – Модель системы слежения на датчике *HC-SR04* [11]

Из достоинств данной системы можно отметить простоту исполнения УЗ-датчиков, подходящих для решения данной задачи. Преимуществом является расположение приемника и передатчика на самом устройстве.

Но для системы, следящей за рабочим местом, у данного решения есть существенный недостаток. При перемещении любого предмета на столе после первого сканирования, датчик будет определять предмет, как искомый. Из-за этого могут происходить некорректные определения положения, и возможно наличие сразу нескольких сигналов одновременно [11].

1.3.2 Системы машинного зрения

Для определения положения рук, можно использовать системы машинного зрения, основанные на нейронных сетях. Данные системы способны при помощи камеры определить положение. Для корректной работы необходимо создать программу нейронной сети и обучить её, для определения на видео положения рук, как это изображено на рисунке 7.

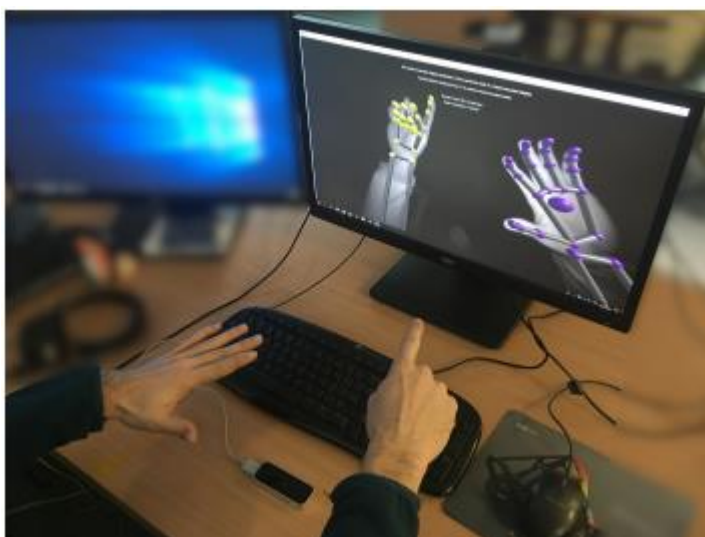


Рисунок 7 – Определение положения рук машинным зрением [12]

Использование данной системы позволит определить положение точки, без использования передатчика, а ещё при помощи машинного зрения можно определять жесты [12].

Но данная система требует большие вычислительные мощности для анализа данных с камеры, а сама камера должна обладать достаточно большим разрешением. Для регулировки угла поворота источника света нет необходимости в определении положения множества точек в пространстве, достаточно одной, расположенной на руке. Использование данной системы для данной задачи нецелесообразно, так как его функционал значительно больше необходимого [12].

1.3.3 Bluetooth 5.1

Поставленную задачу позволяет решить версия *Bluetooth 5.1*, анонсированная в январе 2019, главными преимуществами которой стали доработанные протоколы связи с низким энергопотреблением и возможность определения точного местоположения предмета в помещении [13].

Данный способ определения местоположения является наиболее подходящим по нескольким причинам:

- С каждым годом количество устройств под управлением *Bluetooth* только растет, а цена на модули разработки снижается [14];

- Данная система обеспечивает низкое энергопотребление что очень важно для переносных устройств;
- Размеры устройств позволяют использовать их на рабочем месте.

На данный момент существует несколько способов определения положения предмета в пространстве при помощи *Bluetooth*, по углу отправления *AoA* и углу прибытия *AoD*, которые сходны по принципу работы. Поскольку определение положения при помощи *Bluetooth* подходит для решения задачи больше всего рассмотрим эти способы более подробно.

1.3.3.1 *Bluetooth AoA* и *AoD*

Технологии *Bluetooth AoA* и *AoD* это недавно разработанные способы определения угла между передатчиком и приемником с помощью измерения разности фаз сигнала между двумя элементами линейного массива антенн.

AoA – *angle of arrival* (угол прибытия) использует линейный массив антенн для измерения угла от одного источника сигнала [15].

AoD или угол отправления действует обратно, при помощи одного приемника он определяет разность фаз от двух источников сигнала от линейного массива антенн.

Рассмотрим схемы этих методов на рисунке 8. Когда передатчик *TX* посылает радиочастотный синусоидальный сигнал, он распространяется в пространстве со скоростью света в трех измерениях. Как показано на рисунке 8(a), если вдоль пути передачи сигнала расположены две антенны (*A1* и *A2*), то сигналы, принимаемые обеими антеннами одновременно, будут иметь разность фаз [16].

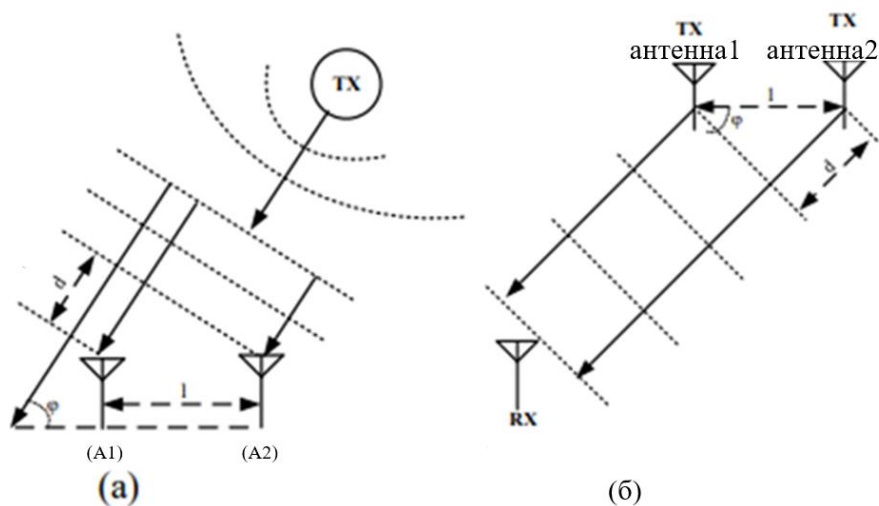


Рисунок 8 – Схема оценки угла в (а) системе угла прибытия, (б) угла отправления [16]

Фазу принятого сигнала для источников A1 и A2 можно выразить как:

$$\theta_{A1} = 2\pi f \left(t - \frac{D_1}{c} \right) + \theta_0, \left(t \geq \frac{D_1}{c} \right), \quad (1)$$

$$\theta_{A2} = 2\pi f \left(t - \frac{D_2}{c} \right) + \theta_0, \left(t \geq \frac{D_2}{c} \right). \quad (2)$$

где D_1, D_2 – расстояния от источника сигнала до антенн, м;

c – скорость света, м/с;

t – время, с.

Когда d меньше $\lambda / 2$, разность фаз между пришедшими сигналами можно записать как:

$$\Delta\theta = \theta_{A1} - \theta_{A2} = 2\pi f \frac{d}{c}. \quad (3)$$

где d – расстояние между антеннами по пути передачи, м.

Таким образом для устройства наиболее подходящим является метод определения расстояния при помощи *Bluetooth AoA*, поскольку он:

- Позволяет минимизировать размер и вес переносимой электроники;
- Имеет низкое энергопотребление;

- Позволяет с достаточной точностью определить положение предмета при помощи массива из нескольких антенн, закрепленного на светильнике.

На данный момент еще не разработано готовых устройств, реализующих данную функцию, но они активно разрабатываются. Компания *Texas Instruments* разработала устройство, способное определять угол прибытия сигнала *Bluetooth*, для автомобильной промышленности [17], данные о точности определения угла по всем каналам, полученные опытным путем, представлены на рисунке 9.

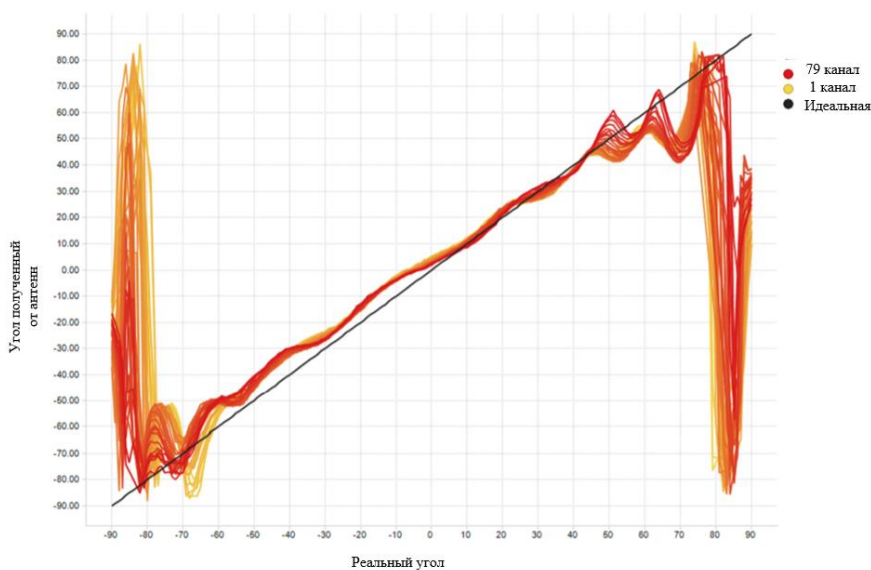


Рисунок 9 – График для оценки точности определения угла прибытия сигнала [18]

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа направлена на создание устройства, решающего проблему перемещения локализованного источника освещения. Данное устройство «Светильник, следящий за рукой» может быть актуально у пользователей любых возрастов, с потребностью использовать локализованный источник освещения.

Данное устройство может быть предназначено как для индивидуальных пользователей, которым необходим локализованный свет, так и для промышленного применения, для обустройства рабочих мест

. Данное устройство достаточно универсально и может быть использовано как подсветка рабочей зоны на столе, в качестве местного источника освещения как настольная лампа, или как источник направленного света для видеосъемки.

Основываясь на областях применения устройства и цели использования направленного освещения, проведена сегментация рынка, которая отражена в таблице 6.

Как видно из таблицы 6 низкий уровень конкуренции низок при индивидуальном использовании наблюдается для локальных источников света, так как индивидуальные пользователи редко занимаются работами, для которых такой свет необходим, а также с использованием в качестве подсветки для видеосъемки в промышленности, так как там редко возникает необходимость в

видеосъемке. Повсеместно используются источники местного освещения, такие как настольные лампы, что увеличивает конкуренцию.

Таблица 6 – Карта сегментирования использования направленного источника света.

		Область применения		
		Локальный источник света	Местный источник света	Подсветка для видеосъемки
Необходимость	Индивидуальная	Низкий уровень конкуренции	Высокий уровень конкуренции	Средний уровень конкуренции
	Промышленная	Средний уровень конкуренции	Высокий уровень конкуренции	Низкий уровень конкуренции

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для сравнения были выбраны такие источники освещения как настольная лампа Xiaomi Philips Eyecare Lamp (K1) и светильник Globo Lighting Sophie 58334 (K2) т.к. они наиболее близки к собственной разработке и на данный момент являются одними из лучших представителей источников местного освещения на рынке. Сравнение проведено в форме таблицы и отражено в таблице 7.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
2. Удобство эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Надежность	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
4. Уровень материалоемкости разработки	0,08	3	4	3	0,16	0,32	0,24
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,12	3	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	4	0,36	0,48	0,48
3. Финансирование научной разработки	0,08	3	4	4	0,5	0,5	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	3	0,24	0,32	0,32
5. Послепродажное обслуживание	0,05	4	4	4	0,4	0,4	0,3
Итого:	1				3,99	4,07	3,82

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (6)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Собственные преимущества заключаются в уникальном на данный момент функционале для подобных устройств, а именно автоматическое перемещение источника света, простота конструкции и интерфейса.

Преимущества конкурентов заключаются в более глубоком проникновении на рынок и лучшем финансировании проекта.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – *Strenghts* (сильные стороны), *Weaknesses* (слабые стороны), *Opportunities* (возможности) и *Threats* (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен *SWOT*-анализ (таблица 8), в котором описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы при реализации проекта, которые могут проявиться в его внешней среде. Интерактивная матрица проекта, где указана степень влияния факторов друг на друга представлена в таблице 9.

Таблица 8 –*SWOT*-анализ

	Сильные стороны проекта: С1: Перспективность технологии; С2: Отсутствие аналогичных продуктов на рынке; С3: Удобство эксплуатации.	Слабые стороны проекта: Сл1: Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца; Сл2: Значительные временные и интеллектуальные затраты.
Возможности: В1: Повышение стоимости конкурентных разработок В2: Появление дополнительного спроса на новый продукт	Благодаря отсутствию аналогичных устройств на рынке и использованию новой технологии, может возникнуть дополнительный спрос на продукт, и ускорить выход на рынок.	Повышение квалификации персонала позволит увеличить темп работы над проектом. Повышение стоимости конкурентных разработок сделает приобретение оборудования выгодным

Продолжение таблицы 8

<p>Угрозы: У1: Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2: Нехватка финансирования; У3: Появление аналогичных технологий; У4: Запрёт на закупки иностранных компонентов.</p>	<p>Применение новых технологий позволит увеличить спрос на продукт. Перспективность технологии позволит найти внешние источники финансирования</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии может замедлить срок выхода на рынок и понизить квалификацию персонала. Нехватка финансирования может отодвинуть срок выхода на рынок. Запрет на закупки иностранных компонентов может увеличить стоимость разработки.</p>
--	--	---

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны			Слабые стороны	
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2
Возможности проекта	В1	+	0	-	+	+
	В2	+	+	+	+	+
Угрозы проекта	У1	+	+	-	0	-
	У2	+	-	-	+	+
	У3	0	+	-	+	-
	У4	-	-	0	+	0

Таким образом, сильные стороны проекта позволяют ускорить выход на рынок, а благодаря функциональным особенностям, увеличить спрос на данный продукт. Однако, разрабатываемое устройство уязвимо перед появлением аналогичных технологий и низким уровнем финансирования.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При планировании научно-исследовательской работы необходимо определить структуры работ в рамках научного исследования, участников каждой работы, установить продолжительность работ, а также построить график проведения научных исследований.

Рабочая группа, участвующая в выполнении научных исследований, может варьироваться и состоять из научных сотрудников, преподавателей, инженеров, техников и лаборантов, численность которых также варьируется и устанавливается в зависимости от работ, которые необходимо выполнить данной группе исполнителей. В таблице 10 представлены основные этапы работ, их содержание и исполнители.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Студент, Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Составление и утверждение технического задания	Студент, Научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Студент, Научный руководитель
Проектирование и разработка устройства	5	Построение электрической схемы	Студент
	6	Моделирование работы устройства	Студент
	7	Подбор компонентов	Студент
	8	Трассировка печатной платы	Студент
	9	Написание программного кода устройства	Студент
Проектирование и разработка устройства	10	Моделирование корпуса устройства	Студент
	11	Построение макетов и проведение экспериментов	Студент, Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	12	Анализ полученных результатов	Студент, Научный руководитель
	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Научный руководитель
Оформление отчета	14	Составление пояснительной записки	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Одним из важных этапов в научном исследовании является определение трудоемкости работ каждого участника, т.к. трудовые затраты образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества

трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}. \quad (7)$$

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

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

$t_{\text{max}i}$ – 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.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}. \quad (8)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным отображением графика проведения научного исследования является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Необходимо длительность каждого из этапов работ из рабочих дней перевести в календарные дни при помощи следующей формулы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \cdot \quad (9)$$

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 (10):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \cdot \quad (10)$$

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.

Таким образом по формуле 10:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 92 - 26} = 1,48.$$

В таблице М (приложение М) представлены временные показатели проведения научного исследования. Предложены 2 варианта исполнения, отличие которых заключается в количестве временных затрат на выполнение некоторых работ. На основании данных расчетов для максимального по длительности исполнения работ построен календарный план-график, представленный в таблице Н (приложение Н).

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- Материальные затраты НТИ;
- Затраты на основное оборудование для научно-экспериментальных работ;
- Основная заработная плата исполнителей темы;

- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Накладные расходы.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (11)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента k_T , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 11.

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на: приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции, покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции, покупные комплектующие изделия, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.	З _м , руб.
Набор электронных компонентов	1	3800	3805
Печатная палата для антенны	2	1840	1860
Печатная плата преобразователя питания	1	400	415
Светодиодная лента	1	190	190
Сервопривод	2	435	435
Микроконтроллер	1	600	600
Проводник	15	10	10
Блок питания	1	800	805
Флюс	1	250	250
Припой	1	100	100
Корпус	1	2000	2000
Итого			12905

5.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Т.к. новое оборудование не закупалось, в виду того, что все необходимое уже имеется в наличии, необходимо произвести расчет амортизации основных производственных фондов. Для расчета амортизации необходимо использовать формулу расчета линейного метода начисления амортизации основных средств (ОС), которая имеет следующий вид:

$$A = \frac{\text{Стоимость ОС} \cdot \text{Норма амортизации}}{100\%}. \quad (12)$$

Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Основные производственные фонды

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации, %	Срок службы оборудования, год	Амортизация ежемесячная, руб/мес.
Лабораторный блок питания	50000	10	10	417
Осциллограф	65000	10	10	542
Компьютер	35000	33,3	3	963
Паяльная станция	10000	6,67	15	56
Итого в месяц				1978
Итого за период исследования Исп.1 (9 месяцев)				17802
Итого за период исследования Исп.2 (8 месяцев)				15824

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата участников рабочей группы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, включает основную заработную плату и дополнительную:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (13)$$

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (14)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (15)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 13).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	92	92
- выходные дни	26	26
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	48
- отпуск	5	5
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	195

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (16)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент равный 0,3 (т.е. 30 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	З _{тс} , руб	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб
Руководитель	к.т.н.	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	48	79872
Студент	-	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	176	292864
Исп.1 Итого З _{осн}									372736
Руководитель	к.т.н	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	44	73216
Студент	-	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	158	262912
Исп.2 Итого З _{осн}									336128

5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} . \quad (17)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исп.	Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	k _{доп}	Дополнительная заработная плата, руб.
1	Руководитель	79872	0,12	9584,64
	Студент	292864	0,12	35143,68
	Итого З _{доп}	44728,32		
2	Руководитель	73216	0,12	8785,92
	Студент	262912	0,12	31549,44
	Итого З _{доп}	40335,36		

5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) . \quad (18)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, (З _{осн}), руб		Дополнительная заработная плата, (З _{доп}), руб	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Научный руководитель	79872	73216	9584,64	8785,92
Студент	292864	262912	35143,68	31549,44
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3			
Итого	Исп.1		Исп.2	
	125239,3		112939	

5.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Научные и производственные командировки не планируются проводиться на данном этапе работ.

5.2.4.7 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы, связанные с выполнением каких-либо работ в рамках исследования сторонними организациями, не потребуются.

5.2.4.8 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = \left(\frac{\text{сумма статей 1}}{7} \right) \cdot k_{\text{нр}} \quad (19)$$

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

При величине коэффициента накладных расходов в размере 16 %, накладные расходы составят для исп.1 $Z_{\text{накл}} = 98303$ руб., для исп.2 $Z_{\text{накл}} = 89458$ руб.

5.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	
Материальные затраты НТИ	12905	12905	Таблица 6
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	17802	15824	Таблица 7
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	372736	336128	Таблица 9
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	44728,32	40335,36	Таблица 10
Отчисления во внебюджетные фонды	125239,3	112939	Таблица 11
Затраты на научные и производственные командировки	0	0	Пункт 3.4.6
Контрагентские расходы	0	0	Пункт 3.4.7
Накладные расходы	98303	89458	16 % от суммы
Бюджет затрат НТИ	671713,62	607589,36	Сумма ст. 1-8

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (20)$$

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).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (21)$$

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.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{671713,62}{671713,62} = 1, \quad (22)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{607589,36}{671713,62} = 0,9. \quad (23)$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда	0,15	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
Надежность	0,15	5	4
Энергосбережение	0,05	4	5
Безопасность	0,2	5	5
Внешний вид	0,1	5	4
Итого	1	-	-

Таким образом, показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_{p\text{-исп1}} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 5 = 3,95, \quad (24)$$

$$I_{p\text{-исп2}} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 4 = 3,6. \quad (25)$$

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p\text{-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{3,95}{1} = 3,95, \quad (26)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p\text{-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,6}{0,9} = 4.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 19) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}. \quad (27)$$

Тогда для 1 и 2 исполнений сравнительная эффективность равна:

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{3,95}{4} \approx 0,99, \quad (28)$$

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.2}}}{I_{\text{исп.1}}} = \frac{4}{3,95} \approx 1,01. \quad (29)$$

Сравнение эффективности разработок представлено в таблице 19

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	3,95	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,99	1,01

5.4 Заключение по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В ходе работы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен сравнительный анализ двух вариантов исполнения научно-исследовательской работы. Бюджет первого исполнения составил 671713,62 руб., а второго – 607589,36руб. Исходя из сравнительной оценки эффективности и полученных результатов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом исполнения научно-исследовательской работы является 2 вариант, в котором уменьшено количество времени для этапов разработки светильника, следящего за рукой.

6 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на создание устройства, решающего проблему перемещения локализованного источника освещения. Данное устройство «Светильник, следящий за рукой» может быть актуально у пользователей любых возрастов, с потребностью использовать локализованный источник освещения. Это могут быть школьники, студенты и работающее население России.

Основной функцией данного устройства является освещение рабочей зоны на рабочем месте пользователя, с автоматическим перемещением при перемещении руки. Дополнительная функция данного устройства — это регулировка яркости освещения.

Разработка устройства предполагает проектирование принципиальной схемы, проектирование печатной платы и корпуса устройства, монтаж макета устройства, написание программного кода.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ от 29.12.2002 N477 - ФЗ работник имеет право на [33]:

- Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- Внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [34]. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [35]. Рабочее место соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

6.2 Производственная безопасность

Разрабатываемое устройство подразумевает использование ПК и паяльной станции, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проектировании, разработке программной части устройства и изготовлении макета, а также требования по организации рабочего места.

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

При выборе потенциально возможных вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [36]. Факторы сформулированы и представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 1.2.3685-21 СП 52.13330.2016 ТИ Р М-075-2003
Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	
Неудовлетворительный микроклимат	+	+		
Короткое замыкание	+	+	+	
Поражение электрическим током	+	+	+	
Работа с вредными веществами		+		
Термическая опасность		+	+	
Монотонность труда	+	+		
Умственное перенапряжение	+	+	+	
Эмоциональные и физические перегрузки	+	+	+	
Повышенный уровень напряженности электростатического поля	+	+		

Неправильно организованное освещение рабочих мест ухудшает видение, утомляет зрительный аппарат, вызывает снижение остроты зрения, отрицательно влияет на нервную систему и может быть причиной травматизма. Освещение должно быть равномерным и достаточным. В зависимости от источника

освещения различают три вида: естественное, искусственное, смешанное освещение.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: источники света, осветительные (световые) приборы, световые приборы, светозащитные устройства, светофильтры. К средствам индивидуальной защиты глаз – защитные очки и к СИЗ лица и глаз – щитки. [35].

В помещении имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей не менее 200 лк. Равномерность освещенности должна не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10 - для зоны периферии.

На рабочем месте в случаях работы с документами, применяются системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа соответствует норме в пределах 300 - 500 лк [1].

Освещение не создает бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не более 300 лк [1]. В качестве источников света применяются светодиодные светильники или металлогалогенные лампы, использующиеся в качестве местного освещения) [1]. Все мероприятия по снижению влияния данного фактора применены. Помещение соответствует требованиям освещенности рабочей зоны.

Повышенные шумы на рабочих местах могут негативно сказываться на способности рабочих выполнять свои производственные задачи. Предельно допустимый уровень (далее – ПДУ) шума, не вызывающий при ежедневном воздействии в течение всего периода работы заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работника, составляет 80 дБ. Шум может производиться вентиляторами, кондиционерами, персональным компьютером и прочими электроприборами, оборудованием. На основании технической документации оборудования, предельно допустимый уровень шума не превышает 80 дБ. Помещение соответствует требованиям [37].

Микроклимат помещения соответствует оптимальным показателям, согласно, СанПиН 2.2.4.548-96 [38], относительная влажность воздуха – (40-54) %, скорость движения воздушных потоков – менее 0,2 м/с, температура воздуха в теплый период – (+18-22) °С, температура воздушных потоков в холодное время года – (+20-22) °С. Оптимальный микроклимат достигается за счет проветривания помещения, систем вентиляции, кондиционирования, отопительных систем, увлажнения воздуха увлажнителями и ежедневной влажной уборки.

При разработке устройства «Светильник, следящий за рукой» основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является возможность поражения электрическим током.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещается рабочее место с ЭВМ и паяльной станцией оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [35]. Для предупреждения электротравматизма проводятся соответствующие организационные и технические мероприятия: оформление работы нарядом или устным распоряжением, проведение инструктажей и допуск к работе, надзор во время работы.

Основная причина пожаров, связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования — это короткое замыкание. Оно возникает из-за нарушения изоляции в электропроводах и кабелях, вызываемое

перенапряжением, износом изоляции и механическими повреждениями. Электрический ток является распространенным поражающим фактором на производстве и в быту из-за широкого распространения электрических установок, приборов и агрегатов. Согласно ГОСТ 12.4.011-89 [35], для снижения термической опасности применяется устройства: оградительные, автоматического контроля и сигнализации, термо-изолирующие, дистанционного управления. Применены устройства автоматического отключения, изолирующие устройства и покрытия, всем работающим предоставлена специальная одежда.

Работники, выполняющие пайку паяльником, имеют II группу по электробезопасности. Работники, занятые пайкой паяльником, обеспечены спецодеждой.

Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей проводятся при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов включаются до начала работ и выключаются после их окончания. Кабель паяльника защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями. В рабочей зоне с паяльной станцией присутствует местная вытяжная вентиляция, дополнительное искусственное освещение, а также приборы, позволяющие закреплять или держать элементы, предназначенные для пайки, что ограничивает возможность контакта поверхности кожи человека с нагретыми элементами конструкции печатного узла, на основании ТИ Р М-075-2003 [40].

При проведении работ по пайке изделий с применением оловянно-свинцовых припоев выполняются требования санитарных правил организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец. Для свинца и его неорганических соединений ПДК в воздухе производственных помещений — 0,01 мг/м³. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышает предельно допустимых концентраций, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [41]. Рабочее место оснащено вытяжной вентиляцией.

Использование ПК может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенная напряженность электрического поля.

Защита работающих на распределительных устройствах от воздействия ЭП частотой 50 Гц обеспечена применением конструкций, снижающих уровни ЭП путем использования компенсирующего действия разноименных фаз токоведущих частей и экранирующего влияния высоких стоек под оборудование, выполнением шин с минимальным количеством расщепленных проводов в фазе и минимально возможным их провесом.

Защитная одежда включает в себя: комбинезон или полукombинезон, куртку с капюшоном, халат с капюшоном, жилет, фартук, средство защиты для лица, рукавицы (или перчатки), обувь. Все части защитной одежды имеют между собой электрический контакт.

В целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, проходят предварительный (при поступлении) и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством.

Для регламентирования всех вышеперечисленных вредных факторов СанПиН 1.2.3685-21 [42] является основной документацией. Согласно данной документации ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [42].

Допустимые уровни электромагнитных и электростатических полей, создаваемых ЭВМ, не превышают значений, представленных в таблице 21. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЕПДУ) при воздействии ≤ 1 час за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

Таблица 21 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля	-	15 кВ/м

Не мало важно так же влияние психофизических факторов, таких как монотонность труда, умственное перенапряжение и эмоциональные и физические перегрузки. Данные факторы существенно влияют на функциональное состояние организма работника и его работоспособность.

Для снижения негативных факторов введены перерывы во время работы, зарядка, смену деятельности работников. В соответствии со ст. 108 ТК РФ [33] в течение рабочего дня (смены) работнику предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут. Согласно МР 2.2.9.2311-07 [43], при пятидневной рабочей неделе и 8-ми часовой смене продолжительность обеденного перерыва составляет 30 минут, а регламентированные перерывы рекомендуется устанавливать через 2 часа от начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 5-7 минут каждый. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений, включая упражнения для глаз, в первой половине смены, а в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях.

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые

источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы. После истечения срока эксплуатации необходима утилизация. Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях согласно ГОСТ Р 55102-2012 [44]. После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах.

Люминесцентные лампы утилизируются согласно ГОСТ Р 52105-2003 [45] специализированными и имеющими лицензию на данный вид деятельности организациями.

6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также проектирование и моделирование устройства с помощью различных программных комплексов. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду. Использованная макулатура утилизируется согласно ГОСТ Р 55090-2012 [46] и в последствии вторично используется.

6.3.3 Анализ влияния процесса изготовления на окружающую среду

В процессе изготовления применяется пайка электронных компонентов, что имеет негативное влияние на атмосферу и гидросферу. В составе припоев,

флюсов и обезжиривателей содержатся тяжелые металлы, кислоты и органические растворители. При нагреве эти вредные вещества оказывают негативное влияние на атмосферу. Для уменьшения влияния на атмосферу можно использовать устройства для очистки технологических выбросов в атмосферу. В качестве такого устройства можно использовать фильтры для местной вытяжной вентиляции с адсорбацией.

Так же после работы на рабочем месте остаются частички припоя, проводов и электронных компонентов, которые при проведении влажной уборки могут попасть в канализацию. Попадание данных материалов в гидросферу оказывает длительное негативное воздействие. В целях снижения опасности необходимо предусмотреть способы очистки жидкости перед попаданием в канализацию. Для очистки можно использовать фильтрацию жидкости от мелких нерастворимых частиц, например, мелкую стальную сетку на сливных отверстиях, извлеченные из неё частицы в дальнейшем будут отправлены на утилизацию в соответствии с требованиями законодательства.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 [47], с точки зрения выполнения проекта, характерны следующие виды ЧС:

- Пожары, взрывы;
- Метеорологические и агрометеорологические опасные явления.

Наиболее вероятной ЧС является пожар в аудитории с используемой паяльной станцией в период сборки устройства.

В аудитории применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом, возникновение пожаров может произойти из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в рабочей комнате.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

а) обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

б) пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

в) обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

Согласно СП 484.1311500.2020 [48] предел огнестойкости помещения: перегородки - не менее REI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение остается герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня. Имеется автоматическая установка пожаротушения (АУПТ).

Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей проводятся при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов включаются до начала работ и выключаются после их окончания.

Пожарная безопасность обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 [50] «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении установлены дымовые оптикоэлектронные автономные пожарные извещатели, оповещение о пожаре осуществляется подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Помещение оснащено первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых

материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е). Согласно НПБ 105-03 [51] помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а. В здании имеется пожарная автоматика, сигнализация.

В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

6.5 Выводы по разделу

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы для работника в процессе разработки, сборки и эксплуатации устройства «Светильник, следящий за рукой». В результате, на основе полученных данных были рассмотрены способы уменьшения влияния вредных факторов, в также меры по предотвращению опасных факторов. Рассмотрены методы уменьшения негативного воздействия разработки на экологию.

Данный раздел позволяет оценить разработанные в ВКР решения, с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате их разработки, производства и внедрения.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был проведен теоретический обзор методов автоматического перемещения источников освещения и систем слежения. Разработана принципиальная схема устройства, созданы 3D-модели печатных узлов, произведено моделирование работы схемы питания в *NI Multisim*. Разработана 3D-модель корпуса устройства. В программной среде *Arduino IDE* написан программный код работы устройства и в среде *Processing* написана программа симуляции выходного сигнала с блока приема сигнала. Создана печатная плата для схемы питания и напечатан подвижный подвес. Собран рабочий макет устройства.

Планируется продолжить работу в данном направлении: изготовить печатную плату для определения положения руки в пространстве и создать прототип устройства.

Список использованных источников

1. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Свод правил: дата введения 2017-05-08. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092> (дата обращения 22.12.2020). – Текст : электронный.
2. Лампа Xiaomi Philips Eyecare Smart Lamp 2//Интернет магазин Румиком : [сайт]. – Москва. – Обновляется в течение суток. - URL: <https://rumi.com/lampa-xiaomi-philips-eyecare-smart-lamp-2> (дата обращения 23.12.2020). – Текст : электронный.
3. Настольная лампа светодиодная Globo Lighting Sophie 58334//Интернет магазин ЯндексМаркет : [сайт] – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://market.yandex.ru/product--nastolnaia-lampa-globo-lighting-sophie-58334/530371095?сра=0> (дата обращения 23.12.2020). – Текст : электронный.
4. Лампа светодиодная Yeelight LED Bulb Color Silver//Интернет магазин ЯндексМаркет : [сайт] – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://market.yandex.ru/product--lampa-svetodiodnaia-yeelight-led-bulb-color-silver-yldp02y1-gpx4002rt-e27-9vt/334648359> (дата обращения 23.12.2020). – Текст : электронный.
5. Cartwright B. A. System and methods for controlling movement of a track light system : пат. 8358097 США. – 2013.
6. Track fan remote control system/January 2015/Patent: US8928520B2/Roger R. Priest. – URL: https://www.researchgate.net/publication/302815076_Track_fan_remote_control_system (дата обращения 25.12.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
7. Montalbo F. J., Enriquez E. An IoT Smart Lighting System for University Classrooms //2020 International Symposium on Educational Technology (ISET). – IEEE, 2020. – С. 3-7.

8. Интернет магазин oiica: сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://oiica.com/products/shop-equipment/acuity-systems/automatic-manual-projectors/topcon-acp-8r-auto-projector> (дата обращения 8.02.2021). – Текст : электронный.

9. Система Advanced Frontlight System (AFS) – URL: <http://www.tdiservice.ru/technology/afs/> (дата обращения 10.02.2021). – Текст : электронный.

10. Точность GPS//gps.gov : [сайт]. – Дата последнего обновления: 2020.04.22 – URL: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/> (дата обращения 10.02.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

11. Радар на Ардуино//Habr.ru : [сайт]. –URL: <https://habr.com/ru/post/175495/> (дата обращения 10.02.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

12. Vysocký A. et al. Analysis of Precision and Stability of Hand Tracking with Leap Motion Sensor //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 15. – С. 4088.

13. bluetooth-5.1-whats-new-and-why-it-matters//howtogeek.com : [сайт]. – URL: <https://www.howtogeek.com/403606/bluetooth-5.1-whats-new-and-why-it-matters/> (дата обращения 2.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

14. Wireless Connectivity Optionsfor IoT Applications//bluetooth.com: [сайт]. – URL: <https://www.bluetooth.com/blog/wireless-connectivity-options-for-iot-applications/> (дата обращения 4.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

15. Оценка угла Bluetooth для определения местоположения в реальном времени. Саули Лехтимяки, старший инженер-программист, Silicon Labs//silabs.com : [сайт]. – URL: <https://www.silabs.com/whitepapers/bluetooth-angle-estimation-for-real-time-locationing> (дата обращения 4.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

16. Huang C. et al. A Performance Evaluation Framework for Direction Finding Using BLE AoA/AoD Receivers //IEEE Internet of Things Journal. – 2020.
17. Принципиальная схема отладочной платы оценки угла прибытия. – URL: https://www.ti.com/lit/df/tidrx7a/tidrx7a.pdf?ts=1622708452855&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Freference-designs%252Findex.html (дата обращения 6.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.
18. Bluetooth Angle of Arrival (AoA) Antenna Design. – URL: <https://www.ti.com/lit/an/tida029/tida029.pdf> (дата обращения 9.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.
19. Все о микроконтроллерах// elektrovesti.net : [сайт]. – URL: https://elektrovesti.net/interesting/642_vse-o-mikrokontrollerakh pdf (дата обращения 11.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.
20. Оценочные и отладочные платы на основе микроконтроллера// Интернет-магазин ЧИП и ДИП. : [сайт]. – URL: <https://www.chipdip.ru/catalog-show/evaluation-boards-on-microcontroller> (дата обращения 23.05.2021). – Режим доступа: свободный.
21. Плата Arduino Uno// Arduinomaster.Ru : [сайт]. – URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/> (дата обращения 17.03.2021). – Режим доступа: свободный.
22. Светодиодная лента SMD 5050 12v. Интернет-магазин giant4.ru : [сайт]. – URL: https://giant4.ru/catalog/svetodiодnaya_lenta/5050-60led-ip33/ (дата обращения 17.03.2021). – Режим доступа: свободный.
23. Регулировка яркости светодиодов. kabel-house.ru : [сайт]. – URL: <https://kabel-house.ru/remont/regulyator-yarkosti-svetodiодov/> (дата обращения 26.05.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.
24. IRF3205. Техническая документация. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/68131/IRF/IRF3205.html>

(дата обращения 24.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

25. Резистор переменный. Интернет-магазин ЧИП и ДИП : [сайт]. – URL: <https://www.chipdip.ru/product0/9000483395> (дата обращения 24.03.2021). – Режим доступа: свободный.

26. Управление углом поворота двигателя постоянного тока. Сайт счетчики и показания : [сайт]. – URL: <https://lemzspb.ru/upravleniye-uglom-povorota-dvigatelya-postoyannogo-toka/> (дата обращения 26.03.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

27. Теория управления шаговыми двигателями. Сайт электропривод : [сайт]. – URL: <https://electroprivod.ru/theory.htm> (дата обращения 18.05.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

28. S3003 сервопривод. Техническая документация. – URL: <http://www.es.co.th/schemetic/pdf/et-servo-s3003.pdf> (дата обращения 02.04.2021). – Режим доступа: свободный.

29. S3003 сервопривод//Интернет-магазин jsumo.com : [сайт]. – URL: <https://www.jsumo.com/futaba-s3003-servo-motor> (дата обращения 04.04.2021). – Режим доступа: свободный.

30. Bluetooth Angle of Arrival beacon//Интернет-магазин alibaba.com : [сайт]. – URL: https://www.alibaba.com/product-detail/Bluetooth-5-1-AOA-high-precise_60017003810.html?spm=a2700.details.maylikeexp.3.1f3e2218Z0uCHo (дата обращения 15.05.2021). – Режим доступа: свободный.

31. L7805. Техническая документация. – URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l78.pdf> (дата обращения 07.04.2021). – Режим доступа: свободный.

32. Automotive Bluetooth Low Energy car access satellite node reference design. Texas Instruments : [сайт]. – URL: <https://www.ti.com/tool/TIDA->

обращения 28.04.2021). – Режим доступа: свободный.

33. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 29.12.2002 N477-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

34. ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя»

35. ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»

36. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

37. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. ШУМ. Общие требования безопасности»

38. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

39. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»

40. ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевые типовые инструкции по охране труда для работников, занятых проведением работ по пайке и лужению изделий»

41. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

42. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

43. МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»

44. ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов»

45. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения»
46. ГОСТ Р 55090-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги»
47. ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»
48. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования»
49. Федеральный закон от 30.04.2021 г. №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
50. НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях»
51. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
52. Федеральный закон от 30.12.2020 г. №503 – ФЗ «О специальной оценке условий труда»
53. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
54. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.:СОЛОН–ПРЕСС, 2009. – 431 с.
55. Проектирование печатных узлов в Altium Designer: учебно–методическое пособие/ Г.Г. Девятков, Д.И. Вольхин. – Новосибирск: Изд–во НГТУ, 2015. – 104 с.

Приложение М (обязательное)

Таблица М – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни							
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Выбор направления исследования	2	2	7	5	4	3,2	2	2	2	1,6	3	2
Составление и утверждение технического задания	5	5	14	14	8,6	8,6	2	2	4,3	4,3	6	6
Подбор и изучение материалов по теме	20	15	30	25	24	19	1	1	24	19	36	28
Календарное планирование работ по теме	2	2	7	7	4	4	2	2	2	2	3	3
Построение электрической схемы	20	15	30	20	24	17	2	2	12	8,5	18	13
Моделирование работы устройства	5	5	15	15	9	9	1	1	9	9	13	13
Подбор компонентов	5	5	15	10	9	9	2	2	4,5	4,5	7	7
Трассировка печатной платы	10	10	25	20	16	14	1	1	16	14	24	21
Написание программного кода устройства	30	30	45	45	36	36	1	1	36	36	53	53

Продолжение таблицы М

Моделирование корпуса устройства	20	20	35	30	26	24	1	1	26	24	39	36
Построение макетов и проведение экспериментов	20	20	35	35	26	26	2	2	13	13	19	19
Анализ полученных результатов	10	10	20	20	14	14	2	2	7	7	10	10
Оценка эффективности полученных результатов	3	3	10	10	5,8	5,8	2	2	2,9	2,9	4	4
Составление пояснительной записки	15	10	20	15	17	12	1	1	17	12	25	18
Итого											260	233

Приложение Н
(обязательное)

Таблица Н – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																											
				сентябрь			октябрь			ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор направления исследования	Студент, Научный руководитель	3	█																											
2	Составление и утверждение технического задания	Студент, Научный руководитель	6	█	█																										
3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	36		█	█	█	█	█																						
4	Календарное планирование работ по теме	Студент, Научный руководитель	3						█																						
5	Построение электрической схемы	Студент, Научный руководитель	18						█	█																					
6	Моделирование работы устройства	Студент	13								█	█																			
7	Подбор компонентов	Студент, Научный руководитель	7									█	█																		
8	Трассировка печатной платы	Студент	24										█	█	█	█															
9	Написание программного кода устройства	Студент	53														█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
10	Моделирование корпуса устройства	Студент	39																												
11	Построение макетов и проведение экспериментов	Студент, Научный руководитель	19																												
12	Анализ полученных результатов	Студент, Научный руководитель	10																												
13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Научный руководитель	4																												
14	Составление пояснительной записки	Студент	25																												

█ - Студент и Научный руководитель

█ - Студент.