

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка зарядного беспроводного устройства на два мобильных устройства</b>
УДК 621.354.322-027.522

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Крутов Александр Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Силушкин С.В.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

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
<b>Универсальные компетенции</b>	
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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 современ*енные 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.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники 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 наноэлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-3	Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы 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 наноэлектроника**  
 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:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Крутов Александр Владимирович

Тема работы:

Разработка зарядного беспроводного устройства на два мобильных устройства	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	117-54/с от 27.04.2021

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

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является разработка зарядного беспроводного устройства на два мобильных устройства.          Цель работы – разработка беспроводного зарядного устройства; проведение моделирования; трассировка и изготовление печатной платы.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Теоретический обзор предметной области;          Разработка структурной схемы;          Описание назначения узлов и элементов схемы;          Разработка принципиальной электрической схемы;          Разработка конструкции печатной платы;          Снятие выходных характеристик устройства;</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная          ФЮРА.436231.001 ЭЗ;</p>

	Спецификация ФЮРА.436231.002 СП.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Гасанов Магеррам Али оглы
<b>Социальная ответственность</b>	Авдеева Ирина Ивановна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
—	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	29.04.2021
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Силушкин Станислав Владимирович	к.т.н.		29.04.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Крутов Александр Владимирович		29.04.2021

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:

<b>бакалаврская работа</b>
----------------------------

(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)
10.05.2021	<i>Раздел 1. Обзор литературы</i>	22
17.05.2021	<i>Раздел 2. Разработка схемы устройства</i>	22
24.05.2021	<i>Раздел 3. Расчет схемы и создание устройства</i>	22
31.05.2021	<i>Раздел 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
04.05.2021	<i>Раздел 5. Социальная ответственность</i>	10
08.06.2021	<i>Оформление ВКР</i>	14

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Силушкин Станислав Владимирович	к.т.н.		29.04.2021

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		29.04.2021

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Крутов Александр Владимирович

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>11.03.04 Электроника и наноэлектроника</b>

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Приблизительный бюджет проекта 320 тысяч рублей; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель проекта, инженер (студент).
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с нормами и нормативными расходования материалов: ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов», ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность».
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	УСН, страховые взносы – 30% от ФОТ.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	- Потенциальные потребители результатов НИ; - Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Расчет уравнений эффективности НИ; - Расчет уравнений сравнительной эффективности НИ.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>	
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>	
3. <i>Матрица SWOT</i>	
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>	
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	29.04.21
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		29.04.21

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1А7Б	Крутов Александр Владимирович		29.04.21

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А7Б	Крутов Александр Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР:

Разработка зарядного беспроводного устройства на два мобильных устройства	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – макет беспроводного зарядного устройства на два мобильных устройства. Рабочая зона – лаборатория. Технологический процесс включает в себя работу с паяльной станцией, измерительными приборами электрических параметров и персональным компьютером. Области применения – использование в быту для осуществления беспроводной подзарядки мобильных устройств.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ Законодательные и нормативные документы по теме: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009 ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007 ГОСТ ИЕС 61010-1-2014 ГОСТ 12.1.038-82* СанПиН 1.2.3685-21</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке беспроводного зарядного устройства.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Неудовлетворительный микроклимат;</li> <li>– Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>– Эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение;</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Опасность термического поражения;</li> <li>– Поражение электрическим током;</li> <li>– Короткое замыкание в сети;</li> <li>– Статическое электричество.</li> </ul>

<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств, люминесцентных ламп и макулатуры)</li> <li>– Решение по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация при выполнении работы – возникновение пожара. Для обеспечения безопасности в случае пожара рассмотреть следующие факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможные причины возгорания;</li> <li>– Нормы пожарной безопасности;</li> <li>– Действия в случае возникновения пожара.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	29.04.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		29.04.21

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Крутов Александр Владимирович		29.04.21

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 25 рисунков, 21 таблицу, 28 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: зарядка, беспроводные технологии, планарная катушка, одновременный заряд, мобильное устройство, заряд аккумулятора.

Объектом исследования является беспроводное зарядное устройство на два мобильных устройства.

Цель работы – разработка зарядного беспроводного устройства на два мобильных устройства.

В процессе исследования проводилось изучение методов беспроводной передачи энергии, изучение особенностей планарных катушек индуктивности. Моделирование проводилось в среде NI Multisim 14.0. Схема электрическая принципиальная выполнена в Altium Designer 17.

В результате исследования разработана электрическая принципиальная схема устройства беспроводного заряда для двух мобильных устройств с частотой выходного сигнала 100 кГц.

В будущем планируется переработать планарную катушку индуктивности и спроектировать корпус устройства.

## Оглавление

Введение.....	15
1 Обзор методов беспроводной передачи энергии и существующих устройств	17
1.1 Технология беспроводной передачи энергии.....	17
1.1.1 Метод электростатической индукции .....	17
1.1.2 Метод микроволнового излучения .....	18
1.1.3 Лазерный метод .....	19
1.1.4 Метод электромагнитной индукции.....	19
1.1.5 Метод магнито-резонансной индукции .....	20
1.1.6 Анализ методов и выбор наилучшего .....	21
1.2 Обзор существующих устройств .....	22
2 Разработка схемы устройства .....	24
2.2 Проектирование регулятора.....	25
2.3 Моделирование регулятора ШИМ-сигналов.....	28
3 Расчёт схемы и тестирование устройства.....	32
3.1 Расчёт плёночной катушки индуктивности.....	32
3.2 Подбор и анализ элементной базы .....	33
3.3 Конструирование и сборка печатного узла беспроводного зарядного устройства .....	35
3.3.1 Выбор типа конструкции узла .....	35
3.3.2 Выбор класса точности печатной платы.....	35
3.3.3 Выбор материала и метода изготовления печатной платы.....	36
3.3.4 Расчёт элементов проводящего рисунка ПП .....	37
3.4 Трассировка печатной платы .....	40

3.5 Проведение эксперимента .....	41
3.5.1 Экспериментальное исследование зарядного устройства .....	42
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.....	47
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	48
4.1.3 SWOT-анализ .....	50
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	54
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	54
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ .....	56
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	57
4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	58
4.3.1 Расчёт материальных затрат исследования .....	58
4.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ .....	59
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	59
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей системы .....	61
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды .....	62
4.3.6 Накладные расходы.....	63
4.3.7 Формирование бюджета затрат.....	63
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	64
5 Социальная ответственность .....	67
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	67
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	68
5.2 Производственная безопасность.....	69
5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	69
5.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте.....	71
5.2.3 Появление статического электричества.....	71
5.2.4 Отклонение показателей микроклимата .....	72
5.2.5 Недостаточная освещённость рабочей зоны .....	73
5.2.6 Опасность термического поражения .....	74
5.2.7 Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны.....	75
5.2.8 Короткое замыкание в сети .....	76
5.2.9 Опасность поражения электрическим током .....	77
5.3 Экологическая безопасность.....	78
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
Заключение .....	81
Список использованных источников .....	82
Приложение А ФЮРА.436231.001 ЭЗ Беспроводное зарядное устройство.....	85
Приложение Б ФЮРА.436231.002 СП Беспроводное зарядное устройство .....	87
Приложение В Временные показатели.....	89

## Введение

В настоящее время люди активно используют мобильные устройства (телефоны, смартфоны, планшеты и др.), аккумуляторы которых разряжаются в зависимости от нагрузки. При активной нагрузке на устройство аккумуляторы, даже выполненные по современным технологиям, быстро разряжаются. Например, Li-ion аккумуляторы требуют не только зарядное устройство со своими характеристиками, но и снижение времени работы после хранения [1]. Поэтому потребность в частой и быстрой подзарядке аккумуляторов этих устройств остается актуальной, несмотря на большое количество выпускаемых дополнительных устройств (переносные аккумуляторы, «универсальные» провода – провода с большим количеством разъемов и пр.).

Для того чтобы постоянно оставаться на связи (поддерживать коммуникацию, контролировать производственные процессы, управлять системой «умный дом» и др.) возникает необходимость постоянно иметь при себе зарядное устройство. Для разных мобильных устройств применяются различные зарядные устройства, так как устройства отличаются между собой, например, типом разъема или типом аккумулятора. В связи с этим, у пользователя начинает скапливаться большое количество различных проводов и блоков питания. Важным минусом является довольно быстрый износ кабеля.

На сегодняшний день компании пытаются договориться об использовании одного универсального разъема, которым должен был бы стать USB type-C [2], но на деле – используется несколько типов разъемов для осуществления заряда мобильных устройств.

Поэтому осуществление заряда мобильных устройств беспроводным методом является актуальной задачей, которая поможет уменьшить количество разъемов/зарядных блоков/проводов и привести к единому (универсальному) способу зарядки современного мобильного устройства.

В работе представлена разработка устройства передатчика беспроводной энергии, предназначенной для зарядки двух мобильных устройств одновременно.

**Требования для разработки устройства:**

- питание от преобразователя стандартного на 9 В/2 А;
- обеспечение одновременного заряда двух мобильных устройств (телефонов);
- мощность заряда на один канал – не менее 5 Ватт;
- частота ШИМ-сигнала для формирования электромагнитного поля – 100 кГц.

# 1 Обзор методов беспроводной передачи энергии и существующих устройств

## 1.1 Технология беспроводной передачи энергии

В учебнике по основам теории [3] цепей авторы приводят классификацию методов передачи беспроводной энергии, представленную на рисунке 1.

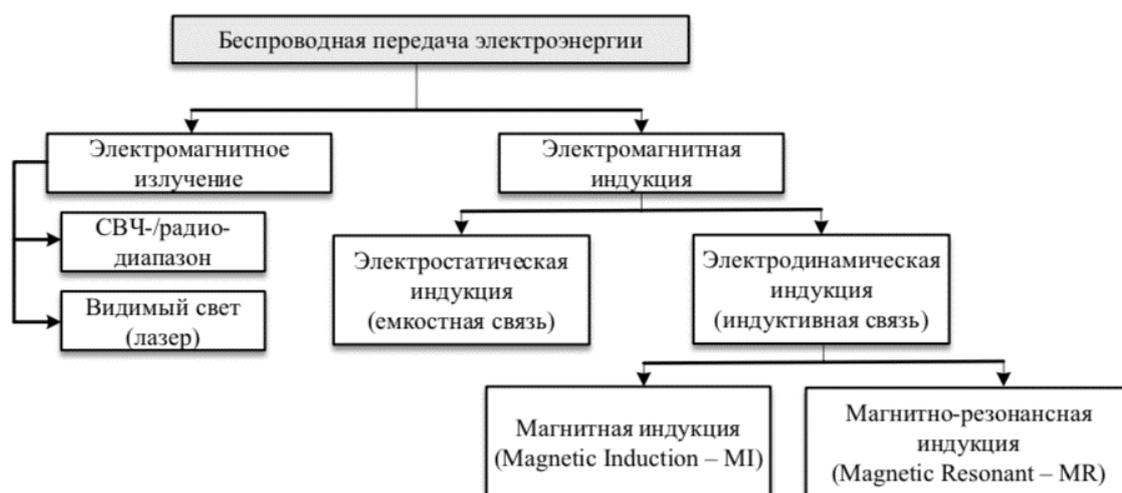


Рисунок 1 - Методы передачи беспроводной энергии

### 1.1.1 Метод электростатической индукции

Основой метода является процесс наведения собственного электростатического поля, который происходит из-за действия внешнего электрического поля, рассмотренный авторами в работе [3].

«Емкостная (электростатическая) связь – это прохождение электроэнергии сквозь диэлектрик. Диэлектрик – это материал, который практически не проводит электрический ток, главным его свойством является способность к поляризации» [3].

В практической деятельности используется градиент электрического поля или дифференциальная ёмкость, создаваемая двумя или более клеммами (пластинами, электродами, узлами), которые изолированы и возвышаются над

проводящей поверхностью. Электрическое поле создается при помощи заряда клемм переменным током высокой частоты и высоким потенциалом, а ёмкость двух электродов и питаемого устройства дают разницу потенциалов. Принцип данного метода показан на рисунке 2.

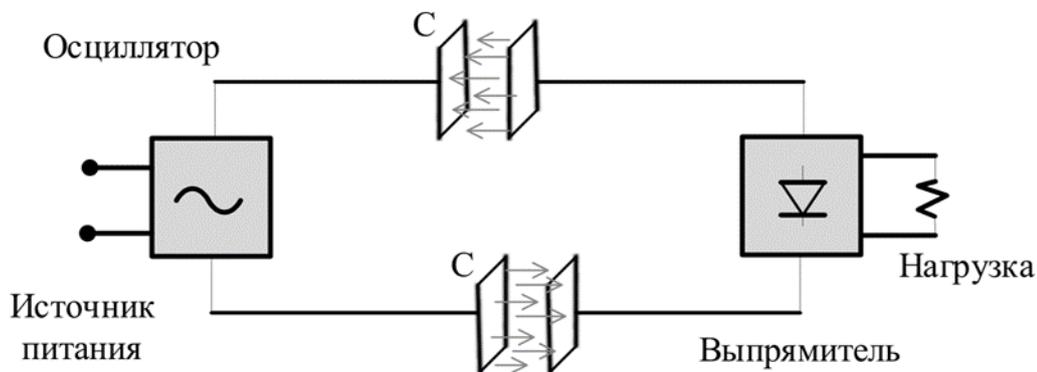


Рисунок 2 – Метод электростатической индукции

### 1.1.2 Метод микроволнового излучения

Ряд ученых, в том числе П.Л. Капица (СССР), занимались разработкой технологии беспроводной передачи энергии с помощью СВЧ излучения, но только в 1976 году Вильям Браун (США) смог осуществить передачу энергии на расстояние около одной мили с помощью ректенны (КПД передачи составило более 80 %).

Ректенна – это нелинейная антенна, которая преобразует энергию поля в энергию постоянного тока, в которой КПД преобразования достигает 95 %. С учетом развития современной элементной базы, эта технология является перспективной, а сейчас ведутся работы над технологией размещения крупных солнечных батарей на геостационарной орбите, чтобы передавать энергию на Землю сфокусированным СВЧ пучком, рисунок 3 [3].

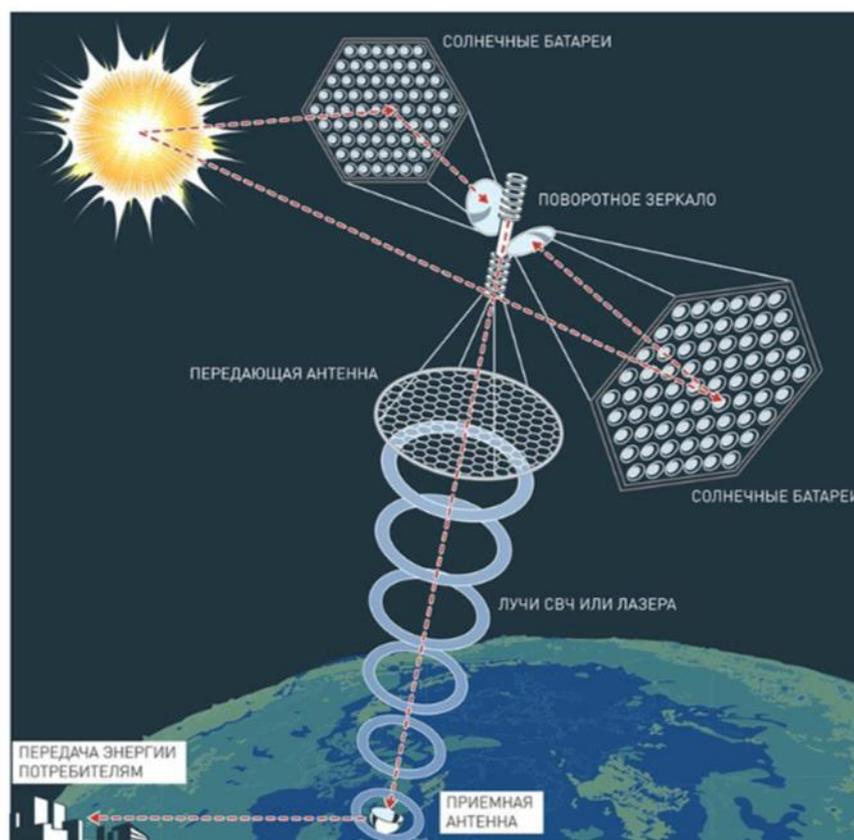


Рисунок 3 – Перспективы СВЧ

### 1.1.3 Лазерный метод

В этом методе передача энергии происходит в более высоком частотном диапазоне, по сравнению с предыдущими. Сфокусированный поток, как и в СВЧ, может быть направлен с орбиты на Землю, с последующим преобразованием в фотодетекторе. Недостатком этой технологии при кажущейся простоте и оптимальности (лазер дает когерентный пучок света), является низкий КПД и небезопасность применения [3].

### 1.1.4 Метод электромагнитной индукции

В основе данного метода лежит принцип трансформатора. На первичной обмотке под действием электрического тока возникает электромагнитное поле, которое передается на приемную катушку. На приемной катушке под действием

электромагнитного поля возникает электрический ток. Принцип работы данного метода представлен на рисунке 4. Главным достоинство – массовое применение данного метода, для которого существуют жесткие стандарты беспроводной передачи энергии [4]. Основным недостатком является необходимость близкого расположения передающей и принимающей катушек, так как при увеличении расстояния между ними сильно снижается КПД.

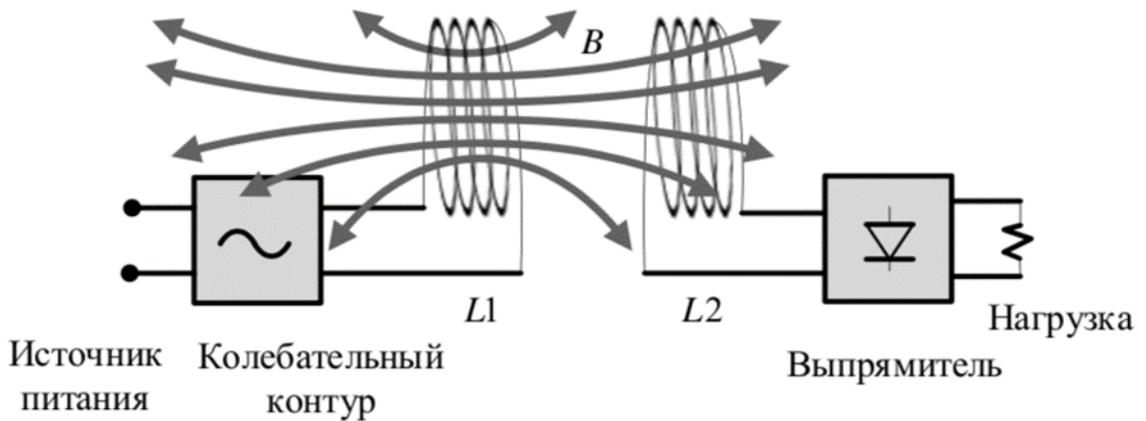


Рисунок 4 – Метод электромагнитной индукции

### 1.1.5 Метод магнито-резонансной индукции

Принцип беспроводной передачи энергии магниторезонансным методом, представленный на рисунке 5, идентичен методу электромагнитной индукции. Разница состоит в том, что в магниторезонансном методе передающая и принимающая катушка находятся в резонансе [4].

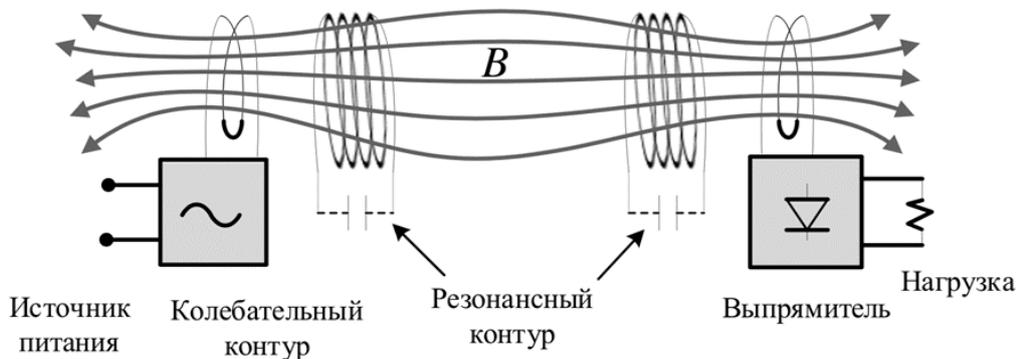


Рисунок 5 - Метод магнито-резонансной индукции

За счёт явления резонанса между передающей и принимающей катушкой можно увеличить максимально возможное расстояние между ними.

### **1.1.6 Анализ методов и выбор наилучшего**

Беспроводной метод зарядки мобильных устройств имеет несколько преимуществ по сравнению с проводным способом зарядки:

- возможность использования одного кабеля для осуществления заряда разных устройств;
- водонепроницаемость и пыленепроницаемость позволяют достигнуть долгого срока службы этих устройств;
- регулировка входной мощности устройства.

Недостатки индуктивной зарядки:

- необходимость внедрения приёмника в устройство на этапе производства;
- выделение большого количества тепла;
- более медленный процесс заряда устройства, по сравнению со стандартным способом зарядки.

Для осуществления выбора метода передачи беспроводной энергии был проведён сравнительный анализ преимуществ и недостатков каждого метода, которые представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Преимущества и недостатки рассмотренных методов

	<b>Метод микроволнового излучения</b>	<b>Лазерный метод</b>	<b>Метод электромагнитной индукции</b>	<b>Метод магниторезонансной индукции</b>
<b>Недостатки</b>	Необходимость использования большой передающей антенны	Небезопасно, имеет низкий КПД	Необходимость близкого расположения приёмника и передатчика	Необходимость близкого расположения приёмника и передатчика
<b>Преимущества</b>	Высокий КПД	Когерентный пучок света	Прост в реализации, имеет несколько стандартов передачи энергии	Прост в реализации, малые габариты устройства, большее расстояние между катушками

На основе проведённого анализа выбран метод магниторезонансной индукции, потому что он довольно прост в реализации и имеет несколько стандартов передачи энергии. Недостатком является то, что КПД передачи энергии в данном методе сильно зависит от расстояния между катушками, однако это не является большой проблемой, так, например, расстояния в 3-5 см между катушками позволяет комфортно использовать такое устройство и повысить КПД.

## 1.2 Обзор существующих устройств

На рынке существует множество устройств беспроводного заряда для одного потребителя. Самые популярные из них – устройства с выходной мощностью 5 Вт. Их достоинством является совместимость со всеми устройствами, поддерживающими беспроводную зарядку, а также дешевизна и нетребовательность к блоку питания – подойдёт любой на 10 Вт (5 В/2 А). Из недостатков можно выделить долгое время заряда – около 3,5 часов.

Для универсализации и массового внедрения устройств беспроводной зарядки были разработаны стандарты беспроводной передачи энергии.

Самым популярным и часто используемым стандартом является стандарт Qi, разработанный консорциумом беспроводной электромагнитной энергии Wireless Power Consortium (WPC), основанным в 2008 году. Этот стандарт используется в 80 % всех беспроводных зарядных устройствах.

Также с помощью Qi есть возможность передачи информации. С помощью этого осуществляется обмен данными для проверки совместимости стандартов. Диапазон рабочих частот Qi 100 – 205 кГц [5].

Большинство смартфонов с поддержкой беспроводной зарядки сегодня поддерживают мощность до 10 Вт. Это практически все флагманы Samsung, iPhone всех совместимых с Qi поколений и т.д.

Беспроводных зарядных устройств для нескольких потребителей на рынке очень мало. Результаты сравнительного анализа устройств, обеспечивающих беспроводную зарядку двух мобильных устройств представлены в таблице 1.2 [6]:

Таблица 1.2 – Сравнение доступных в продаже устройств

Модель	Samsung EP-P5200	Baseus Dual Wireless Charger	NILLKIN Gemini dual
$I_{\text{ВХ макс}}$	2,1 А	3 А	2 А
$U_{\text{ВХ макс}}$	12 В	9 В	9 В
$P_{\text{ВЫХ}}$	5 Вт	10 Вт	10 Вт
Стоимость, руб.	7490	2100	2350

Видим, что данные, представленные в таблице, показывают на близость выходных характеристик всех устройств. Это обусловлено существованием жестких требований стандартов беспроводной передачи энергии, которые все производители обязаны выполнять.

Учитывая потребность рынка подобных устройств, можно сделать вывод о том, что разработка устройств беспроводной зарядки остается актуальной задачей.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проводится исследование того, насколько проектирование и создание беспроводного зарядного устройства отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для этого необходимо провести ряд исследований, таких как:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [18].

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Темой научно-исследовательской работы является разработка беспроводного зарядного устройства на два мобильных устройства. В ходе работы данное устройство проходит этапы проектирования, сборки и проверки. Результатом научно-исследовательской работы является прототип устройства, а также документация для последующего производства устройства.

Разрабатываемое устройство предназначено для физических лиц среднего достатка преимущественно молодого и среднего возраста, т.е. для тех, кто в повседневной жизни пользуется современными электронными устройствами.

#### 4.1.2 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.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, для ее составления необходимо отобрать несколько конкурентных разработок.

В качестве устройств, конкурирующих на рынке с разрабатываемым зарядным устройством, были отобраны:

- Samsung EP-P5200;
- Apple MagSafe;
- Belkin WIZ002.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4.1, были подобраны исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная [14].

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
Удобство эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	3	4	3	2	0,3	0,4	0,3	0,2
Энергоэкономичность	0,05	4	4	5	4	0,2	0,2	0,25	0,2
Надежность	0,1	3	3	4	2	0,3	0,3	0,4	0,3
Безопасность	0,05	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	3	3	2	0,5	0,3	0,3	0,2
Простота эксплуатации	0,5	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
Конкурентоспособность продукта	0,1	3	3	3	3	0,3	0,3	0,3	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	4	4	0,1	0,4	0,4	0,4
Цена	0,25	5	2	2	2	1,25	0,5	0,5	0,5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	4	4	4	0,15	0,2	0,2	0,2
Послепродажное обслуживание	0,05	3	4	4	4	0,15	0,2	0,2	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>3,65</b>	<b>3,2</b>	<b>3,25</b>	<b>2,9</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

После проведения данного анализа можно сделать вывод, что данная разработка является конкурентоспособной даже по сравнению с самыми популярными устройствами на рынке беспроводных зарядных устройств. Основным конкурентным преимуществом данной разработки является более низкая по сравнению с конкурентами цена, а использование плоской катушки индуктивности позволяет обеспечить большую продолжительность работы, т.к. отсутствуют лишние намотки проводов.

Критериями, которые существенно снижают конкурентоспособность разрабатываемого устройства, являются низкий уровень проникновения на рынок и низкая способность конкурировать с наиболее популярными производителями, которые за долгое время успели заслужить «кредит доверия» потребителей.

#### **4.1.3 SWOT-анализ**

В данном разделе проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта, а именно SWOT – анализ (Strengths - сильные стороны, Weaknesses - слабые стороны, Opportunities - возможности и Threats - угрозы). Он служит для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT – анализ был проведен в несколько этапов.

В первом этапе SWOT – анализа были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Возможность одновременной зарядки двух устройств</p> <p>С2. Использование технологии планарной катушки индуктивности</p> <p>С3. Универсальная система питания прибора</p> <p>С4. Низкая стоимость</p> <p>С5. Возможность быстрой зарядки</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Невозможность ремонта катушки</p> <p>Сл2. Зависимость от иностранных производителя элементной базы</p> <p>Сл3. Необходимость располагать телефон максимально близко к устройству</p> <p>Сл4. Механическое отключение катушек</p> <p>Сл5. Отсутствие быстрой зарядки при одновременной работе катушек</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Привлечение специалистов из ТПУ для работы над проектом</p> <p>В2. Замена иностранной компонентной базы на отечественную</p> <p>В3. Уменьшение габаритов устройства за счет использования SMD-компонентов</p>	<p>Улучшение характеристик устройства позволит выйти на рынок беспроводных зарядных устройств в РФ, вытеснить с рынка товары низкой стоимости из Китая и конкурировать с импортными продуктами</p>	<p>Использование отечественной компонентной позволит еще больше снизить стоимость устройства, а уменьшение габаритов устройства за счет использования SMD-компонентов устройства позволит устранить технические недочеты и перейти к массовому автоматизированному производству</p>

Продолжение таблицы 4.2

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на устройство          У2. Повышение стоимости компонентной базы          У3. Несвоевременное финансирование проекта          У4. Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции</p>	<p>Сильные стороны проекта либо позволяют противостоять большинству внешних угроз, либо не зависят от них</p>	<p>Наиболее опасная угроза – повышение стоимости компонентной базы влечет за собой невозможность решить технические проблемы и задерживает запуск массового производства, однако данной ситуации можно избежать, перейдя на отечественные компоненты, стоимость которых не зависит от курса валют и политической ситуации</p>
--	---	---

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 4.3 – 4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	0	+
	B2	+	–	0	+	+
	B3	+	–	+	0	+

При анализе интерактивной матрицы, представленной в таблице 4.3 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C5, B2C1C4C5, B3C1C3C5. Каждая из записей представляет собой

направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон

		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	–	–	–	+	+
	В2	–	+	–	0	0
	В3	–	–	–	+	+

При анализе интерактивной матрицы, представленной в таблице 4.4, можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: В1Сл4Сл5, В2Сл2, В3Сл4Сл5. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон

		Сильные стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы	У1	+	+	+	+	+
	У2	0	0	0	+	0
	У3	0	0	0	0	0
	У4	0	0	0	+	0

При анализе интерактивной матрицы, представленной в таблице 4.5, можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У1С1С2С3С4С5, У2С4, У4С4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон

		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы	У1	–	+	–	–	0
	У2	0	+	–	+	–
	У3	–	+	–	–	0
	У4	–	+	+	0	+

При анализе интерактивной матрицы, представленной в таблице 4.6 можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и угрозы: У1Сл2, У2Сл2Сл4, У3Сл2, У4Сл2Сл3Сл5. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» представлены в таблице 4.2.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.2.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При планировании научно-исследовательской работы выполнены следующие задачи:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В рабочую группу для выполнения научных исследований входят в данном случае научный руководитель и студент.

Примерный порядок составления этапов, работ и распределение обязанностей между участниками рабочей группы представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследований	3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	4	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	Студент
	7	Моделирование схемы, исправление недочетов	Студент
	8	Сборка образца на макетной плате	Студент
Сборка прототипа	9	Изготовление печатных плат	Студент
	10	Монтаж компонентов	Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки к работе	Студент

## 4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости  $i$  тож используется следующая формуле:

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

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

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

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

В данном случае трудоёмкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют студент и научный руководитель. Исходя из полученной трудоёмкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

Полученные результаты представлены в таблице В.1.

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения исследований представлен в виде ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.5)$$

где  $T_{кал}$  – календарные дни;

$T_{вых}$  – выходные дни;

$T_{пр}$  – праздничны дни.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2021 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных – 118 дней.

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478.$$

Все полученные значения приведены в таблице В.1.

По результатам таблицы В.1 построен календарный план-график, представленный в таблице В.2. График построен для максимального по длительности исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

В подразделе сформирован бюджет НТИ. Затраты сгруппированы по следующим статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 4.3.1 Расчёт материальных затрат исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (4.6)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимается в пределах 15-25 % от стоимости материалов.

Значения цен на материальные ресурсы были установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками). Материальные затраты представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Стеклотекстолит фольгированный	1	150	180
Потенциометры	2	50	120
Резисторы	6	2	14,4
Конденсаторы	4	7	33,6
Микросхемы интегральные	2	16	38,4
Кнопки и переключатели	2	7	16,8
Блок питания	1	1130	1356
Диоды	4	2	9,6
Разъем питания	1	65	78
Транзисторы	2	85	204
Итого			2050,8

#### 4.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В ходе работы было использовано оборудование, находящееся в Томском политехническом университете. Следовательно, в данной научно-исследовательской работе затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

#### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов по заработной плате определена исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включена премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату по формуле:

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя рассчитывается по следующей формуле (4.8):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.9):

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}, \quad (4.9)$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

В таблице 4.9 представлен баланс рабочего времени.

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	362
Количество нерабочих дней - выходные, праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезням	56 0	28 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	191	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

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

Расчёт основной заработной платы произведен по формулам, приведенным выше, и представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	32000	0,3	0,5	1,3	74880	3900	11	42900
Студент	12130	0,3	0,5	1,3	28384,2	1290	108	139320
Итого, руб								182220

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей системы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (4.11)$$

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

Дополнительная заработная плата для руководителя, студента (инженера) и их сумма:

$$Z_{доп.рук} = 0,15 \cdot 42900 = 6435 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп.студ} = 0,15 \cdot 139320 = 20898 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп} = 6435 + 20898 = 27333 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды, согласно законодательству РФ являются обязательными, а именно отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.12)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 27,1%.

Суммы отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная зар.плата, руб.	Дополнительная зар.плата, руб
Руководитель проекта	42900	6435
Студент (инженер)	139320	20898
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
56579,31		

### 4.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов была взята в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (2050,8 + 182220 + 27333 + 56579,31) \cdot 0,16 = 42909,3 \text{ руб.}$$

### 4.3.7 Формирование бюджета затрат

Расчёт бюджета затрат НИИ представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	2050,8	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	–	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182 220	Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27 333	Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	56 579,31	Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	42 909,3	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат НИИ	311 092,41	Сумма ст. 1-6

Результат расчёта полного бюджета НИИ представлен в таблице 4.12. Сумма бюджета составила 311092,41 руб.

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Два варианта отличаются статьей на материальные затраты НТИ и на накладные расходы.

Наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4.14)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Максимальная стоимость составляет 311092,41 рублей, следовательно, в соответствии с формулой 4.14:

$$I_{финр}^{исп} = \frac{311092,41}{311092,41} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик

	Весовой коэффициент параметра	Исполнение
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителя)	0,2	5
Автоматизированная работа (самостоятельная работа система с вмешательством оператора)	0,2	5
Помехоустойчивость (степень влияния на работу внешних электромагнитных воздействий)	0,1	5
Энергосбережение (эффективность использования электроэнергии)	0,1	4
Надежность (способна работать в бесперебойном режиме)	0,25	4
Материалоемкость (эффективность использования материалов при изготовлении)	0,15	4
ИТОГО	1	

По формуле 4.15 интегральный показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_p = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,5.$$

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

$$I_{ucn1} = \frac{I_{p1}}{I_{ucn1}} = \frac{4,5}{0,99} = 4,55. \quad (4.16)$$

## **5 Социальная ответственность**

В рамках выпускной квалификационной работы будет создан макет беспроводного зарядного устройства на два мобильных устройства.

Устройство осуществляет бесконтактную зарядку, питание поступает от стандартного блока питания, используемого для зарядки смартфона.

Разработка устройства предполагает сборку и пайку компонентов.

Для выполнения работы необходимо использование в качестве рабочего места компьютерного стола с ЭВМ, соответствующего периферийного оборудования (компьютерная клавиатура, мышь и т. д.) и программного обеспечения (NI Multisim, altium, designer). Конструирование и сборка вспомогательного блока устройства происходит в лабораторном помещении с вытяжкой на рабочем месте.

Потенциальными пользователями результатами разработки может являться каждый человек. Может быть применен для осуществления одного или двух мобильных устройств бесконтактным методом.

В данном разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на процесс работы, а также вопросы обеспечения ее безопасности ПЭВМ, включая аварийные ситуации, а также разработка системы мероприятий, позволяющих снизить или полностью исключить вредные и опасные факторы, влияющие на жизнь и здоровье человека и окружающую среду.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)**

#### **правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник лаборатории, имеет право на [14]:

а) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

б) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

в) 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;

г) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

д) внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

е) Обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

ж) Гарантии и компенсации, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место в учебной лаборатории должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м<sup>2</sup>, высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м<sup>3</sup> 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. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 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, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [15].

Рабочее место сотрудника лаборатории соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

## **5.2 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 и изготовлении макета, а также требования по организации рабочего места.

### **5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.**

При выборе потенциально возможных вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Факторы сформулированы и представлены в таблице 5.1 [16].

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке беспроводного зарядного устройства

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>1. Работа над обзором литературы, разработка структурной и принципиальной схем;</p> <p>2. Разработка макета устройства беспроводной зарядки</p> <p>3. Создание макета с использованием паяльной станции</p>	<p>–Повышенный уровень шума на рабочем месте;</p> <p>–Неудовлетворительный микроклимат;</p> <p>–Отсутствие или недостаток освещенности рабочей зоны;</p> <p>–Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны</p> <p>–Эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение.</p>	<p>–Опасность термического поражения (повышенная температура поверхности оборудования и инструментов);</p> <p>–Короткое замыкание в сети;</p> <p>–Поражение электрическим током;</p> <p>–Появление статического электричества.</p>	<p>–СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;</p> <p>–ГОСТ 12.4.299-2015. «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию»;</p> <p>–ГОСТ 12.1.038-82* ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;</p> <p>–СНиП 23-05-95*. «Естественное и искусственное освещение»;</p> <p>–СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;</p> <p>–СН 2.2.4/2.1.8.566-96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».</p>

### **5.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Основными источниками шума являются ПК и работающая вытяжка. В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБА [17].

Согласно СОУТ ТПУ 2019 уровень шума в учебной лаборатории меньше 80 дБА и соответствует нормам [18].

### **5.2.3 Появление статического электричества**

Использование ЭВМ и других электрических приборов при работе в лаборатории может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень электромагнитных полей и опасных факторов, как повышенный уровень статического электричества.

Вышеперечисленные вредные факторы регламентирует СП 2.2.3670-20 «Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы»: ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [19].

Уровни ЭМП, ЭСП в учебной лаборатории 4 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5.2, соответствуют допускам СОУТ ТПУ 2019 [18].

Согласно ГОСТ 12.1.018-93 Электростатическую искроопасность объекта защиты определяют следующие показатели: [20].

электростатические свойства материалов - удельное объемное электрическое сопротивление, удельное поверхностное электрическое сопротивление, относительная диэлектрическая проницаемость и постоянная времени релаксации электрических зарядов;

геометрические параметры - данные о расположении объемного и поверхностного электрического заряда относительно заземленных

электропроводных поверхностей; данные о конфигурации (форма, толщина) покрытий, пленок или непроводящих стенок, являющихся составными частями объекта защиты;

динамические характеристики процессов - скорость относительного перемещения находящихся в контакте тел, слоев жидкости или сыпучих материалов; взаимное давление находящихся в контакте тел; интенсивность диспергирования и скорость деформации твердых тел;

параметры, характеризующие окружающую среду, - температура, давление, влажность, содержание аэрозолей или пыли, окислителей, горючих, тушащих или инертных веществ.

Снижение электростатической искроопасности объектов следует обеспечивать регламентированием показателей, описанных выше и применением средств защиты от статического электричества в соответствии с ГОСТ 12.4.124. [21]

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения делятся на:

- специальную одежду антиэлектростатическую;
- специальную обувь антиэлектростатическую;
- предохранительные приспособления антиэлектростатические (кольца и браслеты);
- средства защиты рук антиэлектростатические.

#### **5.2.4 Отклонение показателей микроклимата**

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, а именно температура воздуха и поверхностей, влажность и скорость движения воздуха. Оптимальные нормы температуры воздуха и рабочих поверхностей, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), установлены по критериям допустимого

теплового и функционального состояния человека СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [17]. Данные приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22÷24	40÷60	0,1
Тёплый	Ia	23÷25	40÷60	0,1

Для обеспечения оптимальных микроклиматических условий, рабочие места оснащают вентиляционной и отопительной системами. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен проводиться контроль влажности воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования. Все необходимые требования СанПиН в лаборатории соблюдаются.

### 5.2.5 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Одним из вредных факторов при работе за компьютером является недостаточное освещение. При недостатке освещения происходит затруднение выполнения некоторых манипуляций, а также происходит напряжение глаз, что вызывает зрительное и общее утомление.

Источниками света могут быть как естественные, так и искусственные объекты. Естественным источником в помещении служит солнце, искусственными являются люминесцентные лампы дневного освещения. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности и при нарушении

других параметров световой среды зрительное восприятие снижается, развиваются болезни глаз, появляются головные боли.

По нормативу [17] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Для обеспечения комфортной работы, согласно нормируемых значений, рекомендуется проводить очистку оконных проемов и светильников, а также замену люминесцентных ламп дневного освещения. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, шторы и др.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплеи (мониторы) были ориентированы боковой стороной к световым проемам таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

При работе с паяльной станцией предусмотрено отдельное искусственное освещение. Согласно ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником» для местного освещения рабочих мест при пайке паяльником применяются светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники располагаются таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работников. Устройство для крепления светильников местного освещения обеспечивает фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к светильнику находится внутри устройства [22].

Световая среда в учебной лаборатории 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

### **5.2.6 Опасность термического поражения**

В процессе монтажа радиоэлектронного оборудования существует высокая опасность получения ожогов. Поэтому на рабочем месте в учебной лаборатории 4 корпуса ТПУ созданы условия, снижающие вероятность

принесения вреда здоровью работающего в процессе пайки, а также разработаны меры по предотвращению опасного воздействия на организм работающего. Минимизация данного фактора проводится в соответствии с ТИ Р М075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником» [22]. В процессе пайки наиболее вероятными происшествиями, приводящим к получению термических ожогов являются: контакт работающего с рабочим телом паяльной станции, попадание расплавленного припоя на незащищенные руки, попадание припоя на наклонную поверхность, падение капель припоя с высоты и их разбрызгивание. Во избежание получения работником ожогов в лаборатории 4 корпуса ТПУ выполняются следующие меры:

- 1) К работам с паяльной станцией допускаются работники старше 18 лет, прошедшие инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы выполнения работ;
- 2) В процессе работы используется паяльная станция, оборудованная специальной защитной подставкой и губкой для очищения рабочего тела паяльника от остатков припоя;
- 3) Применяется паяльная станция с регулировкой температуры;
- 4) В процессе пайки работник следит за температурой рабочего тела паяльника и не допускает его перегрева;
- 5) Паяльные работы выполняются рабочими в предусмотренной для этой цели спецодежде;
- 6) Пайка малогабаритных изделий производится с использованием специальных закрепляющих приспособлениях, указанных в технологической документации.

### **5.2.7 Запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны**

Одним из источников данного фактора на рабочем месте является процесс пайки, который сопровождается загрязнением воздушной среды свинцом как

непосредственно при пайке, так и в периоды, когда паяльники находятся в рабочем состоянии [22].

Свинец и его соединения, находящиеся в воздухе в виде аэрозоля, относятся к первому классу опасности. Предельно допустимая концентрация свинца в воздухе – 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

В лаборатории 4 корпуса ТПУ согласно ТИ Р М-075-2003 применяются следующие меры защиты:

- 1) Эксплуатация или ввод в эксплуатацию участков пайки, не оборудованных вентиляцией – запрещено;
- 2) Вентиляционные установки включаются до начала работ и выключаются после их окончания. Работа вентиляционной установки контролируется с помощью специальной сигнализации;
- 3) Рабочее место оборудовано местными вытяжными устройствами, обеспечивающими скорость движения воздуха непосредственно на месте пайки не менее 0,6 м/с, независимо от конструкции воздухоприемников;
- 4) Все вентиляционные установки, обслуживающие участки, на которых производится пайка, имеют паспорта с указанием скорости воздуха на месте пайки – 0,6 м/с [22];
- 5) Местные вытяжные устройства конструктивно не объединены с общей вентиляцией помещения;
- 6) В помещении не применяется рециркуляция воздуха;
- 7) 1 раз в месяц проводится очистка вентиляционных установок.

### **5.2.8 Короткое замыкание в сети**

Короткое замыкание при работе за ПЭВМ и другим электрическим оборудованием, как правило, возникает при нарушении изоляции или попадании предметов, наличие которых не предусмотрено. При коротком замыкании ток резко возрастает, что ведет к тепловому выделению. При коротком замыкании электрооборудование может возгореться.

Для предотвращения воздействия короткого замыкания на рабочем месте разработаны следующие меры:

- 1) проведение регулярных проверок на целостность контактов и изоляции;
- 2) наличие у компьютера системы защиты, которая будет выключать компьютер в случае короткого замыкания;
- 3) исключение расположения посторонних предметов около системы питания ПЭВМ.

Меры по предотвращению возникновения короткого замыкания при работе с ПЭВМ в учебной лаборатории 4 корпуса ТПУ соответствуют требованиям ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» [23].

### **5.2.9 Опасность поражения электрическим током**

В лаборатории используются электрическое оборудование: ПЭВМ (персональная электронно-вычислительная машина), источник питания, паяльник. Напряжение 220 В. Возможные причины несчастных случаев:

- a. случайное прикосновение работающего к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате повреждения изоляции;
- b. контакт работающего с металлическими конструктивными частями электрооборудования — корпусами, кожухами, находящимися под напряжением в результате повреждения изоляции;
- c. контакт работающего с токоведущими частями, находящимися под напряжением, вследствие ошибочного включения установки;

Учебную лабораторию, согласно разделу 1.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ), можно классифицировать как помещение без повышенной опасности. Влажность воздуха составляет не более 75%, температура воздуха не выше 35 °С. Также отсутствуют такие токопроводящие

частицы в воздухе, как пыль. Напольное покрытие также не проводит электрический ток [24].

Для предотвращения поражения электрическим током в данном помещении рабочие места оборудованы защитным заземлением, занулением, также на рабочих местах имеются знаки и плакаты безопасности. Поскольку непосредственно на ПЭВМ должно подаваться стабилизированное электропитание, подача электроэнергии в компьютерные помещения осуществляется от отдельного независимого источника питания.

Кроме того, в учебной лаборатории проводятся соответствующие организационные и технические мероприятия: оформление работы нарядом или устным распоряжением, проведение инструктажей и допуск к работе, надзор во время работы.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В ходе выполнения ВКР основная работа производится за компьютером. Однако, несмотря на то что ПЭВМ не создает выбросов в атмосферу, необходимо отметить, неправильная его утилизация может привести к негативным последствиям. Негативное воздействие на окружающую среду в процессе разработки беспроводного зарядного устройства говорит о необходимости применения санитарно-защитной зоны вследствие выбросов вредных веществ и отходов.

Электронные отходы или отходы электрического и электронного оборудования (ОЭЭО) являются важным вторичным источником ценных и редких металлов. ПЭВМ может включать в себя до 58 химических соединений различной концентрации и состава.

Процессы пайки и лужения сопровождаются выбросами вредных веществ в атмосферу: бензин, этиловый спирт, соединения свинца, а также оксид углерода (IV). Свинцовые отходы, попавшие в почву или грунтовые воды, имеют негативное воздействие на окружающую среду и оцениваются как значительная

экологическая угроза. Также важно отметить процесс утилизации бумажных отходов и люминесцентных ламп в результате проектировочной деятельности, но и вышедшей из строя компьютерной техники, периферийных устройств и гальванических элементов.

Для нейтрализации негативных экологических последствий необходимо соблюдать некоторые правила:

1. утилизация компьютерной техники, периферийных устройств и люминесцентные лампы должна производиться на специализированных предприятиях;

2. регламентация жизненного цикла гальванических элементов в части организации сбора, хранения и транспортирования в целях последующей утилизации или захоронения гальванических элементов согласно ГОСТ Р 55101-2012 «Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению и транспортированию гальванических элементов» [26];

3. бумажные отходы необходимо отдать на переработку в соответствующих организациях для дальнейшего (вторичного) использования бумажных изделий;

4. минимизировать выброс токсичных веществ в атмосферу и гидросферу при пайке свинцовыми припоями следует установить специальные фильтры очистки как воздушных, так и стоковых вод.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При разработке и эксплуатации проекта потенциально вероятны следующие опасные и вредные производственные факторы:

1. пожары, взрывы;
2. обрушение зданий и сооружений;
3. стихийные бедствия.

В лабораторном помещении проводятся работы с припоем, флюсом и электронным оборудованием, имеются твердые горючие материалы (столы,

шкафы, ПК). Возможными причинами загорания является неправильная эксплуатация электрооборудования.

По степени пожароопасности помещение относится к классу П-Па. Зоны класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания; неисправность электросетей; незнание или небрежность обслуживающего персонала. Наиболее вероятным классом пожара в лабораторном помещении является пожар класса Е – пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями [28].

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

а) обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (проведение инструктажей на местах, а также получение допуска к пожароопасным работам);

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

в) обеспечение противопожарным оборудованием (содержание эвакуационных путей и выходов в соответствии с проектными решениями, наличие планов эвакуации людей при пожаре, исправное состояние систем обнаружения, оповещения людей о пожаре, наличие огнетушителей (ОП-3, ОП-1, ОУ-3 – 1шт.) по нормам согласно приложениям №1 и 2 Правил противопожарного режима (ППР)).

## Заключение

В ходе выполнения работы был проведен теоретический обзор методов беспроводной передачи энергии, проведен анализ предлагаемых решений. На основе проведенного анализа и в соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

- разработаны структурная схема, проведено моделирование в программе NI Multisim (лицензионное ПО) и составлена принципиальная схема;
- рассчитаны катушка преобразователя для формирования электромагнитного поля с последующей передачей в заряжаемое устройство;
- спроектирована печатная плата устройства и ее 3D-модель в программе Altium Designer (лицензионное ПО);
- сконструирован и собран печатный узел зарядного устройства;
- проведены экспериментальные исследования разработанного устройства.

В результате проведения экспериментальных исследований подтверждены расчетные характеристики передающих узлов: частота сигнала ШИМ, амплитуда выходного напряжения ШИМ-сигнала. Однако, в ходе эксперимента было установлено, что емкость катушки индуктивности меньше по сравнению с расчётным. Соответственно не будет обеспечена максимальная мощность, заданная в задании на проект. Для устранения данного несоответствия предлагается увеличить индуктивность планарных катушек индуктивности, например, наслаиванием нескольких планарных катушек друг на друга. В этом случае возможно развитие энергии до заданного значения.

При определении коммерческого потенциала разработанного устройства, а также при определении эффективности исследования, было установлено, что разработанное устройство может быть конкурентоспособно устройством.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. iXBT.ru : Аккумуляторы для мобильных устройств : сайт. Москва, 1997-2021. – URL: <https://www.ixbt.com/mobile/acc.html> (дата обращения 08.06.2021). Режим доступа: открытый. – Текст: электронный.
2. DNS клуб : Всё о разъёме USB Type-C : сайт. Москва, 2002-2021. – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-122-drugaya-periferiya/30915-vse-o-razeme-usb-type-c-odin-dlya-vseh/> (дата обращения 08.06.2021). Режим доступа: открытый. – Текст: электронный.
3. Зевеке Г.В. Основы теории цепей: Учебник для вузов / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.: ил. Вересов Г. П. Электропитание бытовой радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Радио и связь, 1983. — 128 с.
4. A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J.D. Joannopoulos, P. Fisher, M. Soljacic. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances. Science, 2007, v. 317 (5834), pp. 83-86
5. P.Manivannan, S.Bharathiraja “Qi Open Wireless Charging Standard – A Wireless Technology for the Future” International Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242 Volume 2 Issue 3 March 2013 Page No. 573-579
6. Беспроводное мультизарядное устройство EP-P5200 [Электронный ресурс] - URL: <https://www.samsung.com/ru/mobile-accessories/wireless-charger-duo-pad-p5200/EP-P5200TWRGRU/> (Дата обращения 08.06.2021 г.)
7. Яндекс маркет : Сетевая зарядка Samsung EP-TA20 : сайт . Москва. – URL: [Сетевая зарядка Samsung EP-TA20 + кабель microUSB — купить по выгодной цене на Яндекс.Маркете \(yandex.ru\)](#) дата обращения 08.06.2021). Режим доступа: открытый. – Текст: электронный.
8. CHIPDIP: NE555 DATASHEET : сайт . URL: <https://static.chipdip.ru/lib/222/DOC000222900.pdf> (Дата обращения 08.06.2021 г.) Режим доступа: открытый. – Текст: электронный.

9. Дикарев Ю.И. Расчет пленочных пассивных элементов интегральных микросхем: Учебно-методическое пособие. / Дикарев Ю.И., Рубинштейн В.М. – М.: Издательство ВГУ, 2008 г. – 35 с.
10. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 560с.
11. ГОСТ 23751-91. Платы печатные. Основные параметры конструкции [Текст]. Взамен ГОСТ 23751-86. Введен 25.12.91. - Москва: Издательство стандартов, 1991. – 17 с.
12. Белянин Л. Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности. Учебно-методическое пособие. – М.: Издательство ТПУ, 2008. – 79 с.
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)
15. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
16. ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
17. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
18. Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете, 2019
19. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»

20. ГОСТ 12.1.018-93 «Пожаровзрывобезопасность статического электричества
21. ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества»
22. ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником»
23. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»
24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
25. ГОСТ Р 56828.31-2017 Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Иерархический порядок обращения с отходами.
26. ГОСТ Р 55101-2012 «Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению и транспортированию гальванических элементов»
27. ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях Термины и определения»
28. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)

## Приложение В (обязательное)

### Временные показатели

Таблица В.1 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календар-ных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожі}$ , чел-дни		Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.
	Составление и утверждение темы проекта	1	2		1,4	Научный руководитель	1,4	-
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	3	2,4	Научный руководитель, студент	1,2	1,2	2	2
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	2	4	2,8	Научный руководитель, студент	1,4	1,4	2	2
Подбор литературы по тематике работы	3	6	4,2	Студент	-	4,2	-	6
Сбор материалов и анализ существующих разработок	5	8	6,2	Студент	-	6,2	-	9
Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	10	14	11,6	Студент	-	11,6	-	18
Моделирование схемы, исправление недочетов	2	5	3,2	Студент	-	3,2	-	5
Сборка образца на макетной плате	10	12	10,8	Студент	-	10,8	-	16
Изготовление печатных плат	3	6	4,2	Студент	-	4,2	-	6
Монтаж компонентов	4	7	5,2	Студент	-	5,2	-	8
Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	3	4	3,4	Научный руководитель, студент	1,7	1,7	5	5
Составление пояснительной записки к работе	14	20	16,4	Студент	-	16,4	-	25

Таблица В.2 – Календарный план-график

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель	2													
2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент	2	 												
3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент	2	 												
4	Подбор литературы по тематике работы	Студент	6													
5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	9													
6	Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	Студент	18													
7	Моделирование схемы, исправление недочетов	Студент	5													
8	Сборка образца на макетной плате	Студент	16													
9	Изготовление печатных плат	Студент	6													
10	Монтаж компонентов	Студент	8													
11	Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	Научный руководитель, студент	5									 				
12	Составление пояснительной записки к работе	Студент	25													

– студент; – научный руководитель