

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

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроэнергетических систем

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Процессы при совместной работе АОСЧ и АЛАР</b>

УДК 621.311.004.016

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, с готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологии, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда: определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами: организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования: составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

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

Институт Энергетический  
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Сулайманов А.О.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студент:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич

Тема работы:

Процессы при совместной работе АОСЧ и АЛАР	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 № 432/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<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>	Разработанная схема энергосистемы, в состав которой входят ТЭЦ-472 МВт, ПС-1, ПС-2, ПС-3, ПС-4.
<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,</i>	Разработка схемы энергосистемы с дефицитом активной мощности. Постановка проблем и задач исследования; проведение расчетов режимов энергосистемы; обзор требований, предъявляемых к автоматике ограничения снижения частоты.

подлежащих разработке; заключение по работе).	
---	--

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Нормальная схема электрических соединений энергосистемы с дефицитным районом. Схема замещения энергосистемы.
---	--

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>
---

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.
Раздел на иностранном языке	Тарасова Е.С.

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>
---

Теоретические основы выполнения АОСЧ (язык написания – русский)
Основные факторы, влияющие на работу энергосистемы при снижении частоты (язык написания – русский)
Нормативные требования к выполнению АОСЧ (язык написания – русский)
Исследование процессов изменения частоты и моделирование АЧР на эквивалентной схеме при отделении дефицитного района от энергосистемы (язык написания – русский)
Исследование работы АЧР на стадии существования асинхронного режима (язык написания – русский)
Согласование работы АЛАР и АОСЧ при возникновении асинхронного режима (язык написания – русский)
Определение электрического центра качаний (язык написания – русский)
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (язык написания – русский)
Социальная ответственность (язык написания – русский)
Automatic Load Shedding (язык написания – английский)

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич		

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

Студент:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника / Автоматика энергосистем

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использована база лаборатории ТПУ, количество участников исследования равняется двум.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30 % от ФОТ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения	Для планирования необходимо: – определение структуры работ; – определение трудоемкости работ; – разработка линейного графика.
3. Бюджет научного исследования	Формирование сметы проекта: – материальные затраты; – заработная плата сотрудников; – отчисления на социальные цели; – накладные расходы.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.
Перечень графического материала:	
1. Календарный план и график проведения научно-исследовательских работ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студент:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника / Автоматика энергосистем

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места	<p>Рабочим местом является электростанция, на которой возможно возникновение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шум, микроклимат, электромагнитные поля);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы – движущиеся части, термического характера – отопление, электрической природы – токоведущие части, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативное влияние на окружающую природу (техническая вода)</li> <li>– чрезвычайные ситуации (техногенного характера – потеря электроэнергии, стихийного характера – обрыв проводов)</li> </ul>
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<p>ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.006-84.ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, НПБ 105-03, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, РД 2.2.2006-05, РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	<p>Освещение вызывает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ухудшение зрения;</li> <li>– снижение внимательности;</li> <li>– понижение работоспособности.</li> </ul> <p>Шум вызывает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ухудшение слуха;</li> <li>– снижение внимательности;</li> <li>– повышение раздражительности.</li> </ul> <p>Микроклимат вызывает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разного рода заболевания человека.</li> </ul> <p>Электромагнитные поля вызывают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– негативное воздействие на организм человека в целом.</li> </ul>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведенной среды	<p>Анализ выявленных опасных факторов производится в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (движущиеся машины и механизмы);</li> <li>– термические опасности (ожоги, температура окружающего рабочего места);</li> <li>– электробезопасность (токоведущие части);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (возгорание горючих веществ)</li> </ul>
3. Охрана окружающей среды	<p>Охрана окружающей среды подразумевает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защиту селитебной зоны;</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).</li> </ul>

4. Защита в чрезвычайных ситуациях	Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных чрезвычайных ситуаций на объекте (пожары, взрывы, удары молний); – наиболее распространенная чрезвычайная ситуация (поражение электрически током); – разработка мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.005–88, ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, НПБ 105-03, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, Р2.2.2006-05, РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Штефан Илья Евгеньевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 103 стр., 24 рис., 21 табл., 33 источника, 4 прил.

Ключевые слова: противоаварийная автоматика, энергосистема, дефицитный район, частота сети.

Объектом исследования является дефицитный по мощности энергорайон, который связан с энергосистемой по двум линиям связи.

Предметом исследования является совместное действие устройств противоаварийной автоматики, обеспечивающие восстановление параметров энергосистемы при возникновении аварийных ситуаций.

Целью данной работы является исследование энергорайона с дефицитом активной мощности и составление алгоритма противоаварийной автоматики.

В процессе исследования проводился анализ совместной работы АОСЧ и АЛАР.

В результате исследования сформирован алгоритм противоаварийной автоматики, который включает в себя совместную работу АОСЧ и АЛАР.

Результаты данной работы могут быть использованы как основа для рабочего проектирования при модернизации устройств противоаварийной автоматики.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью следующих программных комплексов:

- Mustang 5.1;
- MS Visio 2010;
- MS Word 2010;
- MS Excel 2010.



### **Принятые сокращения**

- ЕЭС – единая энергетическая система;
- ЭЭС – электроэнергетическая система;
- РЗ – релейная защита;
- АР – асинхронный режим;
- АРВ – автоматический регулятор возбуждения;
- ПА – противоаварийная автоматика;
- АЧР – автоматическая частотная разгрузка;
- АОСЧ – автоматика ограничения снижения частоты;
- АЛАР – автоматика ликвидации асинхронного режима;
- ЛЭП – линия электропередачи;
- ДАР – дополнительная автоматическая разгрузка;
- АПНУ – автоматика предотвращения нарушения устойчивости.

## Оглавление

Введение	2
Обзор литературы	4
1 Теоретические основы выполнения АОСЧ	5
1.1 Автоматика ограничения снижения частоты	7
1.2 Автоматический частотный ввод резерва	8
1.3 Автоматическая частотная разгрузка	9
1.3.1 Параметры настройки уставок АЧР-I и АЧР-II	11
1.4 Дополнительная автоматическая разгрузка	14
1.5 Частотная делительная автоматика	15
1.6 Частотное автоматическое повторное включение	16
2 Основные факторы, влияющие на работу энергосистемы при снижении частоты	18
2.1 Статические характеристики активной мощности нагрузки энергосистемы по частоте	20
2.2 Динамические характеристики энергосистемы по частоте при возникновении небаланса активной мощности и отсутствии вращающегося резерва	25
3 Нормативные требования к выполнению АОСЧ	27
4 Исследование процессов изменения частоты и моделирование АЧР на эквивалентной схеме при отделении дефицитного района от энергосистемы	29
4.1 Расчет уставок АЧР-I	35
4.2 Расчет уставок АЧР-II	37
5 Исследование работы АЧР на стадии существования асинхронного режима	42
6 Согласование работы АЛАР и АОСЧ при возникновении асинхронного режима	46
7 Определение электрического центра качаний	48
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
8.1 Потенциальные потребители	55
8.2 Анализ конкурентных технических решений	56

8.3 Планирование научно-исследовательских работ	58
8.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	59
8.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	61
8.4 Бюджет научного исследования	63
8.4.1 Расчет материальных затрат научного исследования	64
8.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы	65
8.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	67
8.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
8.4.5 Накладные расходы	68
8.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
8.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования	70
9 Социальная ответственность	74
Аннотация	74
Введение	75
9.1 Производственная безопасность	75
9.1.1 Анализ опасных факторов производственной среды	75
9.1.2 Техника безопасности при обслуживании производственного объекта	76
9.1.3 Анализ вредных факторов производственной среды	80
9.1.3.1 Освещение	80
9.1.3.2 Нормирование и основные требования к освещенности	83
9.1.3.3 Эксплуатация осветительных установок и контроль	87
9.1.3.4 Шум	87
9.1.3.5 Микроклимат	88
9.1.3.6 Электромагнитные поля	89

9.2 Охрана окружающей среды	91
9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
Заключение	97
Список заслуг и публикаций	98
Список используемых источников	99
Нормативная литература	103
Приложение А. Нормальная схема электрических соединений энергосистемы с дефицитным районом	
Приложение Б. Схема замещения энергосистемы	
Приложение В. Классификация производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74	
Приложение П. Automatic Load Shedding	

## **Введение**

Противоаварийная автоматика предназначена для предотвращения возникновения и развития аварий в энергосистемах. Основными целями противоаварийного управления являются обеспечение требуемого уровня надежности электроснабжения потребителей и сохранение устойчивости энергосистемы.

В современных энергетических системах значение противоаварийной автоматики возрастает в связи с ростом мощности энергосистем и объединением их в единые электрически взаимосвязанные системы. Создание крупных энергообъединений, охватывающих большую территорию, привело к тому, что ряд отдельных энергорайонов практически все время работают в режиме потребления значительной части мощности из энергосистемы. В связи с этим предотвращение нарушений синхронизма и обеспечение надежности работы потребителей дефицитных энергосистем остается одной из актуальных задач проектирования и эксплуатации.

Решением поставленных задач является применение современных цифровых комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики. Они компактны, удобны в эксплуатации и настройки, позволяют с высокой точностью проводить замеры электрических величин, фиксировать в реальном времени возникновение аварийных ситуаций.

Целью данной работы является исследование энергорайона с дефицитом активной мощности и составление алгоритма противоаварийной автоматики.

Объектом исследования является дефицитный по мощности энергорайон, который связан с энергосистемой по двум линиям связи.

Предметом исследования является совместное действие устройств противоаварийной автоматики, обеспечивающие восстановление параметров энергосистемы при возникновении аварийных ситуаций.

Научная новизна заключается в том, что показана возможность ресинхронизации при совместной работе АОСЧ и АЛАР при определенной скорости снижения частоты.

Результаты данной работы могут быть использованы как основа для рабочего проектирования при модернизации устройств противоаварийной автоматики.

## **Обзор литературы**

В ходе работы над магистерской диссертацией использовались положения и выводы ученых-специалистов в области исследования нарушения устойчивости в энергосистемах, управление режимами, устройств противоаварийного управления.

В основу написания магистерской диссертации легли книги известных ученых, таких как Гуревич Ю.Е. [1], Рабинович Р.С. [2], Жданов П.С. [3], Стернинсон Л.Д. [4], Вайнштейн Р.А [5].

## **8 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Предметом исследования в данной работе является устройство противоаварийной автоматики, обеспечивающие восстановление параметров энергосистемы при возникновении аварийных ситуаций. Для достижения минимальных затрат при исследовании и внедрении продукции сформулируем задачи данного раздела:

- сравнение разных фирм производителей микропроцессорных устройств;
- определение структуры работы, трудоемкости и разработка линейного графика работ в рамках научного исследования;
- расчет материальных затрат, заработной платы сотрудников;
- определение экономической эффективности исследования.

Целью раздела является определение перспективности и успешности научно-технического исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### **8.1 Потенциальные потребители**

В данной работе проводится исследование процессов при совместной работе АОСЧ и АЛАР. Инновационный потенциал заключается в выборе современного микропроцессорного оборудования для реализации противоаварийной автоматики. Потенциальными потребителями могут являться энергетические компании, в распоряжении которых находятся дефицитные энергорайоны. Для определения наиболее подходящей разработки с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения необходимо провести анализ конкурирующих технических решений в данной отрасли различных фирм производителей, что является неотъемлемой частью научно-технического исследования.



## **8.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения.

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, которая приведена в таблице 8.1. Для этого необходимо отобрать не менее трех конкурентных товаров и разработок. В данной работе устройство противоаварийной автоматики выполняется на микропроцессорном терминале производителя «ЭКРА». Выбираем его конкурентов, чтобы произвести сравнение. Российская фирма «БРЕСЛЕР» и зарубежная фирма «SIEMENS».

Таблица 8.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ЭКРА	БРЕСЛЕР	SIEMENS	K <sub>3</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>s</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Энергоэкономичность	0,06	5	3	4	0,3	0,2	0,2
2. Надежность	0,14	4	5	6	0,56	0,7	0,4
3. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,16	4	3	3	0,64	0,5	0,5
4. Простота эксплуатации	0,04	4	3	4	0,16	0,1	0,2
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	4	4	0,32	0,3	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	4	3	0,16	0,2	0,1
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	4	3	4	1,2	0,9	1,2
4. Срок выхода на рынок	0,02	3	4	3	0,06	0,1	0,1
5. Наличие сертификации разработки	0,06	4	4	4	0,24	0,2	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>4,14</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 8.1. Они подбираются, 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. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (8.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

По итогам сравнения, производство компании «ЭКРА» занимает лидирующую позицию. Что обусловлено высоким уровнем качества производимого товара при стандартном наборе определяющих его параметров, и способностью его конкурировать с остальными производителями, чем и привлекает потребителя.

### 8.3 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составляется перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проводится распределение исполнителей по видам работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	3
Ознакомление с технической документацией и литературой	2	Получение литературы	Инженер	6	8
	3	Ознакомление с технической документацией	Инженер	11	13
	4	Календарное планирование работ	Руководитель	5	8
Выбор устройств	5	Описание электрической схемы	Руководитель, инженер	5	7
	6	Выбор устройств противоаварийной автоматики	Руководитель	4	6
	7	Описание устройств	Инженер	4	5
Расчет уставок АЧР	8	Выбор режимов	Руководитель	6	8
	9	Расчет установившегося режима	Инженер	6	8
	10	Расчет уставок АЧР-I и АЧР-II	Инженер	8	10
Технико-экономическое обоснование НТИ	11	Составление пояснительной записки	Инженер	15	16

### 8.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (8.2)$$

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

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

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

Рассчитаем ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (8.3)$$

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

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

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

Рассчитаем продолжительность каждой работы:

$$T_{pi} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ раб.дн.}$$

### 8.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ 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.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8.5)$$

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

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

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

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

Затем найдем длительность работ в календарных днях:

$$T_{ki} = 1,2 \cdot 1,48 = 1,78 \text{ кал.дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения вносятся в таблицу 8.3.

На основе этой таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 8.3 – Календарный план проведения научного исследования

№ работ	Виды работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3
2	Получение литературы	Инженер	8
3	Ознакомление с технической документацией	Инженер	13
4	Календарное планирование работ	Руководитель	8
5	Описание электрической схемы	Руководитель, инженер	7
6	Выбор устройств	Руководитель	6
7	Описание устройств	Инженер	5
8	Выбор режимов	Руководитель	8
9	Расчет токов	Инженер	8
10	Расчет уставок АЧР	Инженер	10
11	Составление пояснительной записки, сдача результатов НТИ	Инженер	16

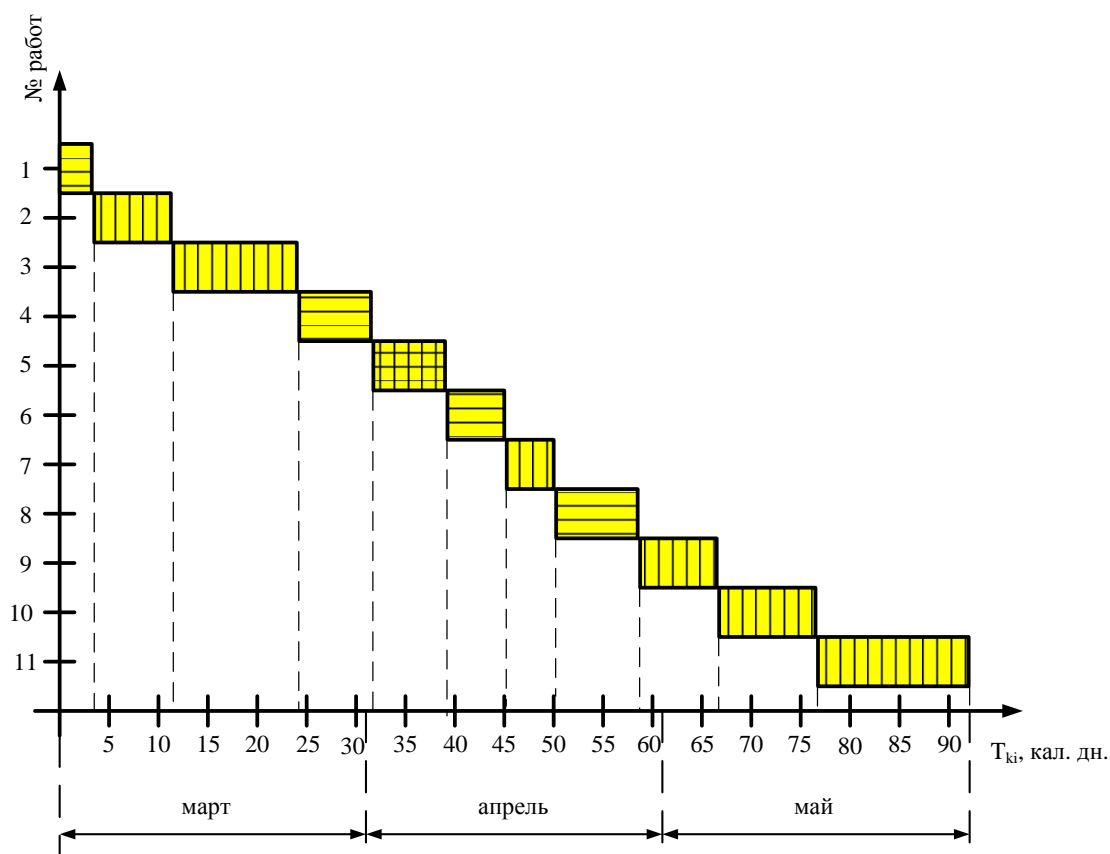


Рисунок 8.1 – Календарный график проведения научного исследования

Где



– руководитель;



– инженер;



– руководитель и инженер.

Из расчетов видно, что руководитель затрачивает на проведение научного исследования 25 рабочих дней, а инженер – 60 рабочих дней. Совместная работа руководителя и инженера будет длиться 7 рабочих дней.

## 8.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета



научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научного исследования (оборудование, программное обеспечение);
- основная заработная плата исполнителей (руководитель, инженер);
- дополнительная заработная плата исполнителей (выплаты, связанные с обеспечением гарантий и компенсаций, а также доплаты за отклонение от нормальных условий труда);
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы (печать, ксерокопирование, услуги связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов).

#### 8.4.1 Расчет материальных затрат научного исследования

Исследование проводится на базе лаборатории ТПУ, поэтому учитываем только затраты, связанные с подручными материалами. Расчет материалов необходимых для научного исследования для разного исполнения приведен в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Расчет необходимых материалов для научного исследования

Наименование	Цена, руб.	Кол-во			Общая стоимость, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1) бумага	2	10	30	50	20	60	100
2) карандаш	30	1	2	3	30	60	90
3) ластик	12	1	2	3	12	24	36
4) ручка	25	1	2	4	25	50	100
5) картридж	350	1	2	3	350	700	1050
6) линейка	10	1	2	2	10	20	20
7) калькулятор	250	1	2	2	250	500	500
<b>Итого</b>					<b>697</b>	<b>1414</b>	<b>1896</b>

#### 8.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную тему включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. 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. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 8.5.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научного исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8.6)$$

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

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

Основная заработная плата (руководителя, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (8.7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З}{21}, \quad (8.8)$$

где  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot \left(1 + k_{\text{ПР}} + k_{\text{Д}}\right) \cdot k_{\text{Р}}, \quad (8.9)$$

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

$k_{\text{ПР}} = 0,3$  – премиальный коэффициент;

$k_{\text{Д}} = 0,2$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{Р}} = 1,3$  – районный коэффициент для Томска.

Месячный должностной оклад инженера:

$$З_{\text{м}} = 8000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 15600 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера:

$$З_{\text{дн}} = \frac{15600}{21} = 742,9 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$З_{\text{осн}} = 742,9 \cdot 63 = 46802,7 \text{ руб.}$$

Таблица 8.5 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	Разряд	$З_{\text{ТС}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ , руб.	$З_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р. раб. дн.}}$	$З_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	IV	22000	0,3	0,2	1,3	42900	2042,9	29	59244,1
Инженер	I	8000	0,3	0,2	1,3	15600	742,9	63	46802,7
Итого									106046,8

#### 8.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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:

$$З_{дон} = k_{дон} \cdot З_{осн}, \quad (8.10)$$

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

Дополнительная заработная плата инженера:

$$З_{дон} = k_{дон} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 46802,7 = 7020,4 \text{ руб.}$$

#### 8.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дон}), \quad (8.11)$$

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

Величина отчислений инженера во внебюджетные фонды:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot (46802,7 + 7020,4) = 14586,1 \text{ руб.}$$

На 2016 год в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 статьи 58 закона № 212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представляем в виде таблицы 8.6.

Таблица 8.6 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	59244,1	8886,6
Инженер	46802,7	7020,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>	<b>33049,5</b>	

#### 8.4.5 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 по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } I - 4) \cdot k_{нр}, \quad (8.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы:

$$Z_{\text{накл}} = (722 + 106046,8 + 15907 + 33049,5) \cdot 0,16 = 24916,1 \text{ руб.}$$

#### 8.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.			Доля от бюджета, %
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИ	697	1414	1896	0,4
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	106046,8	106046,8	106046,8	58,7
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15907	15907	15907	8,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	33049,5	33049,5	33049,5	18,3
5. Накладные расходы	24916,1	24916,1	24916,1	13,8
<b>6. Бюджет затрат НИ</b>	<b>180616,4</b>	<b>181333,4</b>	<b>181815,4</b>	<b>100</b>

Для проведения научного исследования выбираем исполнение 1, при котором затраты составят 180616,4 руб. В эту сумму входят материальные затраты научного исследования, затраты на заработную плату сотрудников, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (8.13)$$

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 том числе налоги).

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{180616,4}{181815,4} = 0,993$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{181333,4}{181815,4} = 0,997$$

$$I_{финр}^{исп3} = \frac{181815,4}{181815,4} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (8.14)$$

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

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  
 $n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводим в форме таблицы 8.8.

Таблица 8.8 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Объект исследования		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1) надежность	0,2	5	5	4
2) универсальность	0,2	4	4	5
3) уровень материалоемкости	0,15	4	4	5
4) функциональная мощность	0,2	5	5	4
5) ремонтпригодность	0,1	5	5	5
6) энергосбережение	0,15	4	4	5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>

Проводим расчет для каждого варианта исполнения:

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}, \quad (8.15)$$



$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,993} = 4,53,$$

$$I_{исп2} = \frac{4,5}{0,997} = 4,51,$$

$$I_{исп3} = \frac{4,6}{1} = 4,6.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}, \quad (8.16)$$

Таблица 8.9 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1) интегральный финансовый показатель разработки	0,993	0,997	1
2) интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	4,6
3) интегральный показатель эффективности	4,53	4,51	4,6
4) сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,985	0,980	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии во втором исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В данном разделе был произведен анализ конкурентных технических решений, который помог выбрать подходящее оборудование для реализации проекта. Произведено планирование научно-исследовательских работ. В ходе работы была сформирована группа и сформулированы этапы выполнения последовательных работ, построена диаграмма Ганта, в которой указаны максимальные по длительности работы каждого из участников исследования. Затем был произведен

расчета бюджета научно-технических исследований. В итоге для проведения научного исследования необходимо 180616,4 руб. По результатам сравнения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод о том, что реализация технологии во втором исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

### **Список заслуг и публикаций**

1. XI Международная научно-практическая конференция «Лингвистические и культурологические традиции и инновации» с докладом «Soft and Hard magnetic materials».
2. II Университетская научно-практическая конференция студентов «Физика в энергетике». ТПУ, г. Томск. Сертификат участника №1249 с докладом «Сверхпроводящие кабельные линии электропередачи как альтернатива традиционным».
3. Университетский тур Всероссийской студенческой олимпиады по электроэнергетическим системам и сетям. ТПУ, г. Томск. Сертификат участника №40.
4. Всероссийский турнир кейсов по электроэнергетической и электротехнической тематикам Российского национального комитета (РНК) СИГРЭ. Сертификат участника.
5. Университетский тур Всероссийской студенческой олимпиады по электроэнергетике. ТПУ, г. Томск. Сертификат участника №1.
6. XIV Всероссийская научно-практическая конференция «Язык и мировая культура: взгляд молодых исследователей». ТПУ, г. Томск. Сертификат участника №47/357 с докладом «Компенсация реактивной мощности в электрических сетях».
7. Благодарственное письмо студенческого энергетического отряда «Магнит» за высокие производственные показатели.