

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование высоковольтного ввода наружной установки на напряжение 110 кВ УДК 621.315.626

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Кондратьев Артем Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Филатов Г.П.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Мытников А.В.	к.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ЭБЖ	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Сулайманов А.О.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Кондратьеву Артему Игоревичу

Тема работы:

Проектирование высоковольтного ввода наружной установки на напряжение 110 кВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2817/С от 12.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В данной работе необходимо рассчитать и спроектировать высоковольтный конденсаторный ввод для наружной установки с бумажно-масляной изоляцией вертикально исполнения с параметрами: <ul style="list-style-type: none"> • Номинальное напряжение 110 кВ; • Номинальный ток 1700 А; • Механическая изгибающая нагрузка 300 кГс; • Рабочая среда – воздух-масло.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Основная задача, которая ставится в данной работе – проектирование высоковольтного ввода с бумажно-масляной изоляцией. В ходе выполнения данной задачи проводится краткое изучение устройства высоковольтных вводов различных типов, производятся электрический, механический расчеты, расчет тепловой устойчивости конденсаторного ввода, а также его конструирование. К дополнительным вопросам относятся раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором производится технико-экономическое обоснование исследовательской работы, а также раздел «Социальная ответственность»,

	в котором рассматриваются проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности.
Перечень графического материала	Сборочный чертеж ввода. Спецификация.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения	Мытников А.В., к.т.н., доцент
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н.В., старший преподаватель
Социальная ответственность	Романцов И.И., к.т.н., старший преподаватель

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Филатов Г.П.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Кондратьев А.И.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Кондратьев Артём Игоревич

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1% отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки : -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений</i>
2. <i>Оценочная карта QuaD</i>
3. <i>Расчет бюджета затрат НИ</i>
4. <i>Календарный план-график проведения НИОКР</i>
5. <i>Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Кондратьев Артём Игоревич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5А2В	ФИО Кондратьеву Артему Игоревичу
----------------	-------------------------------------

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места и проверка соответствия

- вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, вредные вещества, освещение, шумы, электромагнитные излучения,)
- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
- негативного воздействия на окружающую природную среду и человека
- чрезвычайных ситуаций

Рабочее место представляет собой офисное помещение, в котором находится электроприборы.

– Вредные факторы производственной среды проявляются в воздействии электромагнитного излучения, шумов, что может неблагоприятно сказываться на состоянии здоровья персонала.

– В помещении возможны проявления таких факторов производственной среды, как поражение персонала электрическим током, а именно воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям

– При эксплуатации электроприборов могут возникнуть аварийные ситуации, в ходе которых возможно появление пожаров, что является чрезвычайной ситуацией. Это поможет повлечь за собой возгорание всего здания.

– Рассмотрен микроклимат помещения

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

- Правилами устройства электроустановок
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат помещения; – Уровень шума; – Нормы электромагнитного излучения; – Освещенность помещения 	<ul style="list-style-type: none"> – Требования к микроклимату в помещении описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – Повышенный уровень шума оказывает негативное влияние на здоровье человека – Требования к напряженности электромагнитного поля и освещенности помещения описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность 	<ul style="list-style-type: none"> – В каких случаях может произойти поражение электрическим током в офисном помещении. – Меры безопасности от поражения электрическим током
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на организм человека и окружающую среду 	Компоненты компьютера, оказывающие вредное влияние на организм человека и окружающую среду
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – пожарно-профилактические мероприятия; – организационные и эксплуатационные мероприятия; 	Самым распространенным фактором, который может привести к ЧС является пожар. Подробно рассмотреть пожарно-профилактические, организационные и эксплуатационные мероприятия.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	Рассмотреть основные организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Кондратьев А.И.		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Бакалавриат

Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)

Период выполнения Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.03.2016 г.	Литературный обзор	2
21.03.2016 г.	Электрический расчет	3
25.03.2016 г.	Механический расчет	2
02.04.2016 г.	Расчет тепловой устойчивости ввода	5
15.04.2016 г.	Выбор маслорасширителя	3
20.04.2016 г.	Описание конструирования ввода	3
01.05.2016 г.	Построение сборочного чертежа	4
10.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
20.05.2016 г.	Социальная ответственность	4
26.05.2016 г.	Оформление работы	10
01.06.2016 г.	Итог	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Филатов Г.П.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 97 страниц, 23 рисунков, 22 таблиц, 14 источников, 4 приложений, включает 4 главных раздела.

Ключевые слова: конденсаторный ввод, бумажно-масляная изоляция, токоведущий стержень, конденсаторные обкладки, фарфоровая крышка, маслорасширитель.

Объектом исследования является высоковольтный конденсаторный ввод наружной установки с бумажно-масляной изоляцией вертикального исполнения на напряжение 110 кВ.

Цель работы – проектирование высоковольтного ввода наружной установки вертикального исполнения на напряжение 110 кВ, а именно электрический, механический расчеты ввода, а также расчет тепловой устойчивости и конструирование конденсаторного ввода.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Office 2010, MathCAD 15, КОМПАС V16, аналитические и графоаналитические расчетные методы.

Список используемых сокращений

- ББВ – бумажно-бакелитовый ввод;
- БМВ, БМИ – бумажно-масляный ввод, бумажно-масляная изоляция;
- БЭВ – бумажно-эпоксидный ввод;
- ВКР – выпускная квалификационная работа;
- ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
- ЛЭП – линия электропередач;
- НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- НТИ – научно-техническое исследование;
- ОРУ – открытое распределительное устройство;
- ПИН – приспособление для измерения напряжения;
- ПДУ – предельно допустимые уровни;
- ППБ – правила пожарной безопасности;
- ПС – подстанция;
- СЗЗ – санитарно-защитная зона;
- СН – санитарные нормы;
- СНиП – строительные нормы и правила;
- ССБТ – система стандартов безопасности труда;
- ТВС – токоведущий стержень;
- ФСС – фонд социального страхования;
- ФФОМС – федеральный фонд обязательного медицинского страхования;
- ЧС – чрезвычайная ситуация;
- ЭМИ, ЭМП – электромагнитный импульс, электромагнитное поле;
- ЭП ПЧ – электрическое поле промышленной частоты;
- RVP – Resin Bounded Paper (бумажная изоляция, склеенная эпоксидным компаундом);
- RIP – Resin Impregnated Paper (бумага, пропитанная смолой);
- OIP – Oil Impregnated Paper (бумага, пропитанная маслом; бумажно-масляная изоляция);
- QUAD – Quality Advisor (технология оценки перспективности разработки).

Содержание

Введение.....	12
1. Литературный обзор.....	14
1.1 Диагностика - основа обслуживания высоковольтного маслонаполненного оборудования.....	14
1.2 Физические основы методов контроля	16
1.3 Основные методы контроля диэлектрических характеристик под рабочим напряжением.....	20
1.4 Мостовые схемы измерения диэлектрических характеристик изоляции ..	24
1.5 Методика проведения и обработка результатов измерений диэлектрических характеристик высоковольтных вводов	28
Выводы по главе.....	34
2. Проектирование высоковольтного ввода	35
2.1 Электрический расчет.....	35
2.1.1 Определение сухоразрядного расстояния	35
2.1.2 Выбор расчетных напряжений и напряженностей.....	36
2.1.3 Выбор токоведущего стержня (ТВС).....	38
2.1.4 Расчет внутренней изоляции ввода и геометрических размеров конденсаторных обкладок.....	39
2.1.5 Расчет и конструирование фарфоровой покрышки.....	46
2.2 Механический расчет ввода	47
2.3 Расчет тепловой устойчивости конденсаторного ввода.....	48
2.4 Выбор маслорасширителя	58
2.5 Конструирование конденсаторного ввода	60
Выводы по главе.....	62
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	63
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	63
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	63
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	66
3.2.5 Структура работ в рамках научного исследования	66

3.2.6	Определение трудоемкости выполнения работ	67
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	68
3.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	69
3.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	69
3.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	70
3.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	72
3.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	73
3.3.5	Накладные расходы.....	74
3.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	74
3.3	Определение ресурсной эффективности исследования	75
	Выводы по главе.....	77
4.	Социальная ответственность	78
	Введение.....	78
4.1	Анализ вредных факторов производственной среды.....	79
4.2	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	82
4.3	Охрана окружающей среды	84
4.4	Защита в чрезвычайных ситуациях	85
4.4	Защита в чрезвычайных ситуациях.....	87
	Заключение	89
	Список источников	91
	Приложение А	
	Приложение Б	
	Приложение В	
	Приложение Г	

Введение

Различные электроизоляционные конструкции – ЭИК (конденсаторы, высоковольтные вводы, кабели, трансформаторы, электрические машины и др.) находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства для передачи, преобразования и использования электроэнергии. От экономичности, надежности и качества этих ЭИК во многом зависит безаварийность и рентабельность производства.

Проходные изоляторы (вводы) применяются для изолирования и механического крепления токоведущих частей (шин, проводов), проходящих сквозь заземленные крышки аппаратов, перегородки, стены распределительных устройств и т.д. Поэтому проходные изоляторы должны обладать достаточной электрической прочностью и обеспечивать пропускание тока определенной величины. Они предназначены для работы при температурах окружающего воздуха от -45 до $+40^{\circ}\text{C}$. Высоковольтные проходные изоляторы, предназначенные для работы при напряжении выше 35 кВ, называют вводами.

Основная задача, которая ставится в данной работе – проектирование высоковольтного ввода с бумажно-масляной изоляцией. Актуальность исследования данной темы обусловлена тем, что на данный момент вводы с бумажно-масляной изоляцией являются наиболее распространенными в энергосистеме России, и их замена на более совершенные вводы с RIP изоляцией займет довольно продолжительное время.

В главе 1 данной работы представлены краткие сведения о методах контроля изоляции вводов под рабочим напряжением, описание различных измерительных схем и обработка результатов полученных измерений диэлектрических характеристик высоковольтных вводов.

Глава 2 дипломной работы посвящена непосредственно проектированию ввода, здесь производятся электрический, механический расчеты, расчет тепловой устойчивости конденсаторного ввода, а также его конструирование.

К дополнительным вопросам относится раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» (глава 3). В рамках

данного раздела проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также проведено планирование работ и формирование бюджета научного исследования, определена эффективность проводимого исследования.

Глава 4 «Социальная ответственность» также относится к дополнительным вопросам. Целями данного раздела являются выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих место при работе по проектированию данного проекта, их влияние на организм человека. Проведена выработка мер по ограничению их воздействия на рабочий персонал, произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций на рабочем месте и разработаны меры по предупреждению наиболее вероятной ЧС для данного помещения.

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке конкурентоспособности и ресурсоэффективности научной разработки. Будет определена конкурентоспособность выполненного проекта, трудоемкость проводимых работ, создан график проведения работ, произведен расчет стоимости материальных затрат, а так же заработной платы и сформирован бюджет затрат на проектирование.

Необходимость проведения данного анализа обусловлена постоянной подвижностью рынка. Такой анализ позволяет увидеть новые коррективы, которые можно внести в научное исследование, чтобы сделать его успешнее как в техническом, так и в экономическом плане.

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 3.1), для чего необходимо отобрать несколько конкурентных товаров и разработок. В качестве последних будем рассматривать следующие:

- 1) Вводы с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией (вводы с ОП-изоляцией).
- 2) Вводы с бумажно-бакелитовой изоляцией (твердой, RBP – изоляцией).
- 3) Вводы с бумажно-эпоксидной (RIP) изоляцией.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта проведенного анализа представлена в таблице 3.1:

Таблица 3.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БМИ	ББИ	МБИ	БМИ	ББИ	МБИ
Надежность работы	0,082	4	4	4	0,328	0,328	0,328
Габаритные размеры	0,066	4	5	3	0,264	0,33	0,198
Электрическая прочность изоляции	0,082	5	5	3	0,410	0,410	0,246
Равномерность распределения ЭП	0,066	5	5	4	0,33	0,33	0,264
Гигроскопичность изоляции	0,049	4	2	3	0,196	0,098	0,147
Механическая прочность	0,082	5	5	5	0,410	0,410	0,410
Трекингостойкость	0,082	4	3	3	0,328	0,246	0,246
Простота изготовления	0,049	4	4	5	0,196	0,196	0,245
Пожаробезопасность	0,082	4	5	3	0,328	0,410	0,246
Эффективность системы охлаждения	0,066	5	4	5	0,33	0,264	0,33
Простота обслуживания	0,066	4	4	5	0,264	0,264	0,33
Цена	0,066	5	3	3	0,33	0,198	0,198
Предполагаемый срок эксплуатации	0,066	5	4	4	0,33	0,264	0,264
Затраты на послепродажное обслуживание	0,049	4	4	4	0,196	0,196	0,196
Финансирование научной разработки	0,049	4	5	1	0,196	0,245	0,049
	1				4,436	4,189	3,695

По результатам анализа видно, что в данный момент проектируемая разработка, а именно конденсаторный ввод с бумажно-масляной изоляцией,

является наиболее конкурентоспособной. Однако существует тенденция ухода от маслонаполненных вводов, где это является возможным.

Другой метод оценки перспективности проекта это технология QuaD. Она представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [10].

Таблица 3.2 - Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Надежность работы	0,091	90	100	0,9	0,0819
Габаритные размеры	0,073	70	100	0,7	0,0511
Уровень материалоемкости разработки	0,073	70	100	0,7	0,0511
Технические характеристики	0,091	90	100	0,9	0,0819
Ремонтопригодность	0,091	85	100	0,85	0,07735
Простота изготовления	0,073	55	100	0,55	0,04015
Пожаробезопасность	0,091	50	100	0,5	0,0455
Простота обслуживания	0,073	75	100	0,75	0,05475

Продолжение таблицы 3.2

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,073	75	100	0,75	0,05475
Предполагаемый срок эксплуатации	0,073	90	100	0,9	0,0657
Затраты на послепродажное обслуживание	0,055	65	100	0,65	0,03575
Финансирование научной разработки	0,073	60	100	0,6	0,0438
Конкурентоспособность продукта	0,073	70	100	0,7	0,051
Итого	1				73,475

Значение показателя перспективности составило 73,475, что находится выше среднего уровня.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot \Phi_i,$$

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Φ_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

2.2 Планирование научно-исследовательских работ

2.2.5 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;

- построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Электрический расчет	Инженер
	7	Механический расчет	Инженер
	8	Расчет тепловой устойчивости ввода	Инженер
	9	Выбор маслорасширителя	Инженер
	10	Описание конструирования ввода	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Анализ и оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	12	Построение сборочного чертежа	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

2.2.6 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p . Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как ее удельный вес сметной стоимости научных исследований составляет около 65%:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания), для остальных работ расчет проводится аналогично:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3 \text{ чел-дней}; \quad T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{3}{1} = 3 \text{ дней};$$

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работ по проектированию в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,482;$$

$$k_{\text{кал}} = 1,482 \text{ для инженера.}$$

$$k_{\text{кал}} = 1,22 \text{ для руководителя.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе $T_{\text{ки}}$ округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 3.4 (приложение В).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания), для остальных работ расчет проводится аналогично:

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \approx 4 \text{ дня.}$$

На основе таблицы построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Полученный график представлен в виде таблицы 3.5 (приложение Г).

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 20 дня, а инженера 84 дня.

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Z_m), руб.
Бумага	Пачка	1	330	330
Картридж для принтера	Шт	1	2200	2200
Блокнот А4 80 л.	Шт	1	95	95
Карандаш мех. HB		1	17	17
Ручка шар.		1	8	8
Степлер руч. INDEX		1	150	150
Папка-скоросшиватель		1	30	30
Итого:				2830

Материальные затраты на проектирование представили из себя затраты на канцелярские товары и составили 2830 рублей.

3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366,477 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.7).

Таблица 3.7 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней:		
• выходные дни	52	104
• праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
• отпуск	48	24
• невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	217

Таким образом, для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{он} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{о}} = \frac{45366,477 \cdot 10,4}{245} = 1925,76 \text{ руб.},$$

$$Z_{он} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{о}} = \frac{29250 \cdot 11,2}{217} = 1509,67 \text{ руб.},$$

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{р},$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 9);

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

Для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1925,76 \cdot 16 = 30812,16 \text{ руб}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1509,67 \cdot 57 = 86051,19 \text{ руб}$$

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.

Таблица 3.8 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{гс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,86	0,3	0,2	1,3	45366,477	1925,76	16	30812,16
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1509,67	57	86051,19
Итого $Z_{осн}$, руб								116863,35

Основная заработная плата исполнителей составила 116863,35 рублей.

3.3.3 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.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

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

Тогда для руководителя и инженера соответственно:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 30812,16 = 4005,58 \text{ руб.};$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 86051,19 = 11186,65 \text{ руб.};$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,13.

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья страховых отчислений 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	30812,16	4005,58
Инженер	86051,19	11186,65
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	9435,61	
Инженер	26351,45	

Суммарные отчисления во внебюджетные фонды составили 35787,06.

3.3.5 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:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (Z_m + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (74616,477 + 116863,35 + 15192,23 + 35787,06) \cdot 0,16 = 38793,46 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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 3.10.

Таблица 3.10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НИИ	2830	1,19
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	27500	11,6
• Персональный компьютер	(24000)	
• Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	(3500)	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	116863,35	49,32
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15192,23	6,41
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35787,06	15,1
6. Накладные расходы	38793,46	16,38
7. Бюджет затрат НИИ	236966,1	100

В результате проведения расчетов по основным статьям, составляющим бюджет научно-исследовательского проекта, была составлена итоговая таблица, где наглядно представлено, что сумма бюджета затрат НИИ составила 236966,1 рублей, причем наибольшая часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы (49,32%).

2.3 Определение ресурсной эффективности

исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. В данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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 представлены в форме таблицы (таблица 3.11).

Таблица 3.11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 БМИ	Исп.2 ББИ	Исп.3 МБИ
Надежность работы	0,139	4	4	4
Габаритные размеры	0,111	4	5	3
Уровень материалоемкости разработки	0,111	4	5	4
Технические характеристики	0,139	5	5	3
Ремонтопригодность	0,139	5	4	3
Простота изготовления	0,111	4	3	3
Пожаробезопасность	0,139	4	4	4
Простота обслуживания	0,111	5	4	5
ИТОГО	1	4,375	4,25	3,72

Выводы по главе

В рамках данного раздела ВКР была проведена оценка конкурентоспособности спроектированного высоковольтного ввода с бумажно-масляной изоляцией, значение расчетного показателя выбранного варианта исполнения является наибольшим по сравнению с аналогами и составляет 4,436. Значение показателя перспективности (P_{cp}) составляет 73,475 - это говорит о том, что перспективность НТИ выше среднего. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 20 дня, а для инженера 84 дня. Сумма бюджета затрат НТИ составила 236966,1 рублей. С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,375).