

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
Расчет высоковольтного ввода внутренней установки на 150 кВ

УДК 621.316.542.027

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Дибин Илья Витальевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Мытников А.В.	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
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	д.т.н.		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
ПК-1	способностью и готовностью использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной области
ПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-3	готовностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ПК-4	способностью и готовностью использовать нормативные правовые документы в своей профессиональной деятельности
ПК-5	владением основными методами защиты производственного персонала и населения от последствий возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-6	способностью и готовностью анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ПК-7	способностью формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией (публичной защитой)

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 Электроэнергетических систем (ЭЭС)

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Дибину Илье Витальевичу

Тема работы:

Расчет высоковольтного ввода внутренней установки на 150 кВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2.02.2016, №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>В данной работе рассчитывается и проектируется высоковольтный конденсаторный ввод внутренней установки с бумажно-масляной изоляцией горизонтального исполнения с параметрами:</p> <ul style="list-style-type: none">• Номинальное напряжение 150 кВ;• Номинальный ток 1700 А;• Механическая изгибающая нагрузка 400 кГс;• Рабочая среда – "воздух-масло". <p>Высоковольтные вводы предназначены для изолирования и механического крепления токоведущих частей, проходящих через стены распределительных устройств, перегородки, сквозь заземленные крышки различных аппаратов и т.д. От надежной и стабильной работы вводов зависит бесперебойное снабжение электроэнергией всех важных объектов народного хозяйства.</p>
---------------------------------	---

<p>Перечень вопросов подлежащих исследованию, проектированию и разработке</p>	<p>Основным вопросом, рассматриваемым в данной работе, является проектирование высоковольтного ввода с бумажно-масляной изоляцией. В ходе решения этого вопроса проводится краткое изучение устройства высоковольтных вводов различных типов, производятся электрический, механический расчеты, расчет тепловой устойчивости конденсаторного ввода, а также его конструирование.</p> <p>Конденсаторные вводы с бумажно-масляной изоляцией являются наиболее распространенными в энергосистеме России, а их замена на более совершенные вводы с твердой бумажно-эпоксидной изоляцией займет довольно продолжительное время из-за большой стоимости. Это говорит об актуальности исследования данной темы.</p> <p>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.</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p>	
---	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
Раздел	Консультант
<p>Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения</p>	<p>Мытников А.В.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Потехина Н.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романцов И.И.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент кафедры ЭЭС</p>	<p>Мытников А.В.</p>	<p>К.Т.Н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5А2В</p>	<p>Дибин И.В.</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Дибину Илье Витальевичу

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. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Оценочная карта QuaD
3. Временные показатели проведения научного исследования
4. Календарный план-график проведения НИОКР
5. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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
5А2В	Дибин Илья Витальевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Дибину Илье Витальевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы производственной среды: недостаточное освещение, повышения уровня шума, микроклимат, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений; монотонный режим работы. – Опасные факторы среды: электрический ток, влияние на зрение. – Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы. – Чрезвычайные ситуации: пожар.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.) – ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность» – ГОСТ 12.1.010–76 «Взрывобезопасность» – Правила устройства электроустановок. – ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (с измен. 2010 г.) – СН 2.2.4/2.1.8.562–96. – СН 2.2.4/2.1.8.556–96.

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"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы возникают из-за ПЭВМ. – Негативные электромагнитное и ионизирующее излучения влияющие на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум, негативное влияние на психофизиологическое состояние. – Напряженность электрического поля – При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на ПЭВМ уровень звукового давления не должен превышать 50 дБА. – Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); 	<ul style="list-style-type: none"> – Механические опасности отсутствуют. – Термические опасности отсутствуют. – Установлены удлинители в розетках (эл. сеть перегружена) – Возможные причины пожара:

<ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	возникновение КЗ в проводке.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	– Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС: пожар. – Оповещение при пожаре – Средства пожаротушения
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. – Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

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	Дибин Илья Витальевич		

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 Электроэнергетических систем (ЭЭС)

Уровень образования бакалавр

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:	03.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2016 г.	Электрический расчет	3
20.03.2016 г.	Механический расчет	2
3.04.2016 г.	Расчет тепловой устойчивости ввода	5
19.04.2016 г.	Выбор маслорасширителя	3
25.04.2016 г.	Описание конструирования ввода	3
12.05.2016 г.	Построение сборочного чертежа	4
22.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
23.05.2016 г.	Социальная ответственность	5
30.05.2016 г.	Оформление работы	10
3.06.2016 г.	Итог	40

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию и расчету высоковольтного ввода внутренней установки с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией на напряжение 150 кВ, имеющего горизонтальное исполнение и рабочую среду "воздух-масло". Работа состоит из 8 основных разделов, которые включают литературный обзор, электрический расчет, механический расчет, тепловой расчет, выбор маслорасширителя, конструирование ввода, а так же финансового менеджмента и социальной ответственности.

В первом разделе был произведен расчет и выбор токоведущего стрежня, расчет бумажно-масляной изоляции, а именно длины обкладок, их толщина, емкости и радиальные напряженности в слоях изоляции.

Во втором разделе была произведена проверка конструкции на изгиб, проверка была пройдена успешно.

В третьем разделе производился расчет на тепловую устойчивость, была установлена так называемая температура теплового равновесия, когда выделяющееся тепло равно отведенному.

В четвертом разделе был выбран маслорасширитель выносного типа, т.к. с горизонтальным расположением ввода затруднительно обеспечить нормальную работу встроенного маслорасширителя.

В пятом разделе были рассчитаны основные размеры, необходимые для создания чертежа высоковольтного ввода.

В следующем разделе была установлена длительность работ в календарных днях и рассчитана сумма бюджета затрат НТИ.

В последнем разделе проанализировано рабочее место инженера-проектировщика, а так же негативное влияние на окружающую среду спроектированного высоковольтного ввода.

Общий объем работы составил 95 страниц и 1 сборочный чертеж. В работе содержится 23 таблицы, 16 рисунков и одно приложение.

Термины и сокращения

Автотрансформатор - трансформатор, в котором две или большее число обмоток имеют общую часть (ГОСТ 30830-2002).

Силовой трансформатор - статическое устройство, имеющее две или более обмотки, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного напряжения и тока в одну или несколько других систем переменного напряжения и тока, имеющих обычно другие значения при той же частоте, с целью передачи мощности (ГОСТ 30830-2002).

БМИ - бумажно-масляная изоляция. Вид внутренней изоляции высоковольтных вводов.

Ввод - устройство, позволяющее пропускать один или несколько проводников, находящихся под напряжением, через перегородку (стену, бак трансформатора, реактора и т.д.) и изолировать от неё эти проводники. При этом ввод снабжен средством крепления (фланец или фиксирующее устройство) к этой перегородке, представляющее часть ввода. [2]

Трансформаторный ввод - ввод, нижняя часть которого находится внутри бака трансформатора в среде трансформаторного масла, а верхняя – на открытом воздухе. При этом проводник может представлять часть ввода (ввод нижнего подсоединения) или проходить через центральную трубу ввода (ввод протяжного типа). Ввод для кабельного подключения трансформаторов - ввод, оба конца которого рассчитаны на погружение в изолирующую среду, иную, чем окружающий воздух (напр., масло или газ). При этом изолирующая среда может быть как однородной (масло-масло, газ-газ), так и разнородной (масло-газ). [3]

Диэлектрические потери - энергия, рассеиваемая в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля.

Тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) определяется как отношение активной составляющей тока утечки через изоляцию к его реактивной составляющей. При приложенном переменном напряжении является важной характеристикой изоляции трансформаторов и вводов высокого напряжения.

Длина пути утечки - это кратчайшее расстояние по поверхности внешней изоляции между двумя проводящими участками. Длина пути утечки выбирается по ГОСТ 9920-89, зависит от загрязнения среды, в которой планируется эксплуатация вводов и обозначается цифрами от I до IV. Чем выше степень загрязнения среды, тем выше должна быть категория внешней изоляции ввода. Для вводов нашего производства минимальной является III категория внешней изоляции. Категория внешней изоляции входит в условное обозначение ввода, представленное в настоящем каталоге. [2]

Частичный разряд - это искровой разряд очень малой мощности, который образуется внутри изоляции ввода или на ее поверхности из-за наличия микродефектов. Является одной из важнейших контролируемых характеристик ввода. Согласно требований нормативной документации на вводы (ГОСТ 10693-81 и IEC 60137:2008) кажущийся уровень частичных разрядов должен быть не более 10 пКл при максимальном рабочем напряжении ввода.

Шунтирующий реактор - реактор параллельного включения, предназначенный для компенсации емкостного тока (ГОСТ 18624-73).

RIP (Resin Impregnated Paper) - бумага, пропитанная смолой. Вид твердой внутренней изоляции высоковольтных вводов.

Содержание

Введение.....	14
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	15
1.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	15
1.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	15
1.2 Планирование научно-исследовательских работ	18
1.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	18
1.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	10
1.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	11
1.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	14
1.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	14
1.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	14
1.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	16
1.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	17
1.3.5 Накладные расходы	18
1.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	18
1.4. Определение ресурсной эффективности исследования.....	19
Вывод.....	21

Введение

Надёжность и безопасность процессов производства, передачи и доставки электроэнергии до конечного потребителя неразрывно связана с качеством специального энергетического оборудования, к которому относятся и высоковольтные вводы.

Высоковольтные вводы - связующее звено между линией электропередач и трансформаторной подстанцией или другим электротехническим оборудованием которые служат для изолирования и механического крепления токоведущих частей, проходящих через стены распределительных устройств, перегородки, сквозь заземленные крышки различных аппаратов и т.д. От их надежной и стабильной работы зависит бесперебойное снабжение электроэнергией всех важных объектов народного хозяйства. Надежность и внутренний ресурс высоковольтного ввода в большинстве своем определяется качеством его внутренней изоляции. В процессе эксплуатации внутренняя изоляция подвергается целому комплексу воздействий, что приводит к её старению, а именно ухудшению её электрических и механических свойств. Основная причина старения - явление частичных разрядов, возникающих под действием электрического поля высокой напряженности.

1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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.

1.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

1.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ необходим, из-за постоянной подвижности рынка и появления новых усовершенствованных разработок. Также анализ конкурентных технических решений позволяет увидеть и впоследствии внести новые коррективы в научное исследование, чтобы сделать его успешнее в техническом и в экономическом плане.

Анализ проводится с помощью оценочной карты, для которого отбирается несколько конкурентных товаров и разработок. Далее рассматриваются и оцениваются слабые и сильные стороны конкурентных разработок 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:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В настоящее время существует множество типов конструкций вводов, имеющих различные конструктивные и эксплуатационные особенности. Для проведения анализа были выбраны такие конкурентные разработки как вводы с бумажно-масляной (БМИ), бумажно-бакелитовой (ББИ) и маслобарьерной изоляцией (МБИ).

Оценочная карта проведенного анализа представлена в таблице 11:

Таблица 11 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		БМИ	ББИ	МБИ	БМИ	ББИ	МБИ
Надежность работы	0,083	4	5	5	0,332	0,415	0,415
Габаритные размеры	0,065	5	5	3	0,325	0,325	0,195
Электрическая прочность изоляции	0,081	5	5	4	0,405	0,405	0,324
Равномерность распределения ЭП	0,064	5	5	4	0,32	0,32	0,256
Гигроскопичность изоляции	0,050	4	2	4	0,2	0,1	0,2
Механическая прочность	0,082	4	5	5	0,328	0,410	0,410
Трекингостойкость	0,082	4	3	4	0,328	0,246	0,328
Простота изготовления	0,049	4	5	4	0,197	0,245	0,197
Пожаробезопасность	0,082	4	5	4	0,328	0,41	0,328
Эффективность системы охлаждения	0,066	5	4	5	0,33	0,264	0,33
Простота обслуживания	0,066	4	4	4	0,264	0,264	0,264
Цена	0,066	5	4	3	0,33	0,264	0,197
Предполагаемый срок эксплуатации	0,066	5	4	4	0,33	0,264	0,264
Затраты на послепродажное обслуживание	0,049	3	5	4	0,147	0,245	0,196
Финансирование научной разработки	0,045	4	5	1	0,18	0,225	0,045
	1				4,344	4,26	4,080

По результатам проведения анализа можно сказать о том, что проектируемый ввод с бумажно-масляной изоляцией, является наиболее конкурентоспособным.

Другой метод оценки перспективности проекта это технология QuaD. Она представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

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 [6].

Таблица 12 – Оценочная карта

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	85	100	0,85	0,077
Габаритные размеры	0,073	80	100	0,8	0,058
Уровень материалоемкости разработки	0,073	65	100	0,65	0,047
Технические характеристики	0,091	95	100	0,95	0,086
Ремонтопригодность	0,091	80	100	0,8	0,073
Простота изготовления	0,073	70	100	0,7	0,051
Пожаробезопасность	0,091	50	100	0,5	0,046
Простота обслуживания	0,073	60	100	0,6	0,044

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,073	75	100	0,75	0,055
Предполагаемый срок эксплуатации	0,073	90	100	0,9	0,066
Затраты на послепродажное обслуживание	0,055	70	100	0,7	0,039
Финансирование научной разработки	0,073	75	100	0,75	0,055
Конкурентоспособность продукта	0,073	75	100	0,75	0,055
Итого	1				75,2

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

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

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

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

В результате QuaD анализа можно сказать, что научно-исследовательский проект целесообразен, так как значение показателя перспективности (P_{cp}) НИИ выше среднего и составляет 75,2.

1.2 Планирование научно-исследовательских работ

1.2.1 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.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

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

Таблица 13 – 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

1.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому необходимо определить трудоемкости работ каждого участника НИ[7].

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

Определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5},$$

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

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

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

T_p – Продолжительность работы в рабочих днях, определяемая из ожидаемой трудоемкости работ. Это вычисление объясняется необходимостью расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожи}$ – 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:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 9}{5} = 6 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{6}{2} = 3 \text{ дня};$$

1.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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:

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

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.

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

$k_{\text{кал}} = 1,22$ для руководителя (6-и дневная рабочая неделя).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	4		9		6		3		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		10		7		4		6
Выбор направления исследований		6		12		8		4		6
Календарное планирование работ по теме	10		15		12		6		8	
Проведение теоретических расчетов и обоснований		7		14		10		5		8
Электрический расчет		9		15		11		6		9
Механический расчет		3		7		5		2		3
Расчет тепловой устойчивости ввода		14		20		16		8		12
Выбор маслорасширителя		6		9		7		4		6
Описание конструирования ввода		3		6		4		2		3
Оценка эффективности полученных результатов	7		12		9		5		6	
Построение сборочного чертежа		16		20		18		9		14
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		6		10		8		4		6

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

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \approx 4 \text{ дней.}$$

На основе таблицы 14 построим календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ в рамках НИП с разбивкой по месяцам и декадам. Полученный графи представлен в виде таблицы 15.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ ра бо т	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , ка л.д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр			март			апрель			май				
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	6	■													
3	Выбор направления исследований	Инженер	6		■												
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	8		■												
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	8			■											
6	Электрический расчет	Инженер	9				■										
7	Механический расчет	Инженер	3					■									
8	Расчет тепловой устойчивости ввода	Инженер	12					■									
9	Выбор маслорасширителя	Инженер	6						■								
10	Описание конструирования ввода	Инженер	3							■							
11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	6								■						
12	Построение сборочного чертежа	Инженер	14									■					
13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	6											■			

■ – руководитель, ■ – инженер.

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 18 дня, а инженера 73 дня.

1.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Бумага	Пачка	1	300	300
Картридж для принтера	Шт	1	2200	2200
Блокнот А4 80 л.	Шт	1	80	100
Карандаш мех. HB		2	10	20
Ручка шар.		1	30	30
Степлер руч. INDEX		1	200	200
Упаковка скоб 24/6 INDEX(80шт)		1	50	50
Папка-скоросшиватель		1	25	25
Итого:				2925

1.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

На данном этапе производится расчет основной заработной платы научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Величина основной заработной платы определяется из:

- трудоемкости выполняемых работ;

- действующей системы окладов;
- тарифной ставки;
- премии, выплачиваемой ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 23264,86 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 42342 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 14584,32 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 26543,5 \text{ руб.}$$

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

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,2;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Гомска);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – 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, а при отпуске в 24 раб. дней $M=11,2$ месяца 5-дневная неделя);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл.17).

Таблица 17 – 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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{42342 \cdot 10,4}{245} = 1797,4 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{26543 \cdot 11,2}{217} = 1370 \text{ руб.},$$

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1797,4 \cdot 14 = 25163,6 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1370 \cdot 48 = 65760 \text{ руб}$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23264,86	0,2	0,2	1,3	42342	1797,4	14	25163,6
Инженер	14584,32	0,2	0,2	1,3	26543,5	1370	48	65760
Итого $Z_{\text{осн}}$, руб								90923,6

1.3.3 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 25163,6 = 3522,9 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 65760 = 9206,4 \text{ руб.};$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,14.

1.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников являются обязательными. Величина отчислений определяется по формуле:

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

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% [8].

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	25163,6	3522,9
Инженер	65760	9206,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	7774	
Инженер	20315,9	

1.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, такие как печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ &= (68885,5 + 90923,6 + 12729,3 + 28089,9) \cdot 0,16 = 32100,5 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

1.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НИИ	2925	1,45
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	34170	17
• Персональный компьютер	(28000)	
• Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	(6170)	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	90923,6	45,2
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12729,3	6,3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28089,9	14
6. Накладные расходы	32100,5	16
7. Бюджет затрат НИИ	200938,3	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 200938,3 рублей, причем наибольшая часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы (45,2%).

1.4. Определение ресурсной 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. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным 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 (табл. 21).

Таблица 21 – 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	5	4
Габаритные размеры	0,111	5	5	3
Уровень материалоемкости разработки	0,111	5	4	4
Технические характеристики	0,139	5	3	4
Ремонтопригодность	0,139	5	4	5
Простота изготовления	0,111	4	5	4
Пожаробезопасность	0,139	4	5	4
Простота обслуживания	0,111	4	4	4
ИТОГО	1	4,5	4,361	4,028

Вывод

В конечном итоге, можно сказать, что выбранный вариант исполнения НТИ является наиболее конкурентоспособным, так как он имеет наибольшее значение расчетного показателя, которое составляет 4,344. Значение показателя перспективности (P_{cp}) составляет 75,2 - это говорит о том, что перспективность НТИ выше среднего. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 18 дня, а для инженера 73 дня. Сумма бюджета затрат НТИ составила 200938,3 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 (4,5).