

**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)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Расчет высоковольтного импульсного конденсатора для внутренней установки на 50 кВ</b>

УДК 621.319.4:621.374

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Гулага Виктор Алексеевич		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Тихонов Д.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.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Гулага Виктору Алексеевичу

Тема работы:

Расчет высоковольтного импульсного конденсатора для внутренней установки на 50 кВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2.02.2016, №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	3.06.2016
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	В данной работе рассчитывается и проектируется импульсный конденсатор для внутренней установки с бумажно-масляной изоляцией с параметрами: <ul style="list-style-type: none"><li>• Номинальное напряжение 50 кВ;</li><li>• Емкость 1 мкФ;</li><li>• Масло синтетическое;</li><li>• Корпус изоляционный;</li><li>• Напряжение апериодическое 1,2/50;</li><li>• Время жизни <math>10^5</math> имп.;</li><li>• Частота 1 имп/с.</li></ul>
<b>Перечень вопросов подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	Основной вопрос, который рассматривается в данной работе – проектирование импульсного конденсатора с бумажно-масляной изоляцией. В ходе решения этого вопроса проводится краткое изучение устройства конденсаторов различных типов, производятся электрический, тепловой расчеты, а также его конструирование.  Актуальность исследования данной темы обусловлена тем, что на данный момент конденсаторы с бумажно-масляной изоляцией являются наиболее распространенными в энергосистеме России, и их

	<p>замена на более совершенные конденсаторы с бумажно-плёночно-масляной изоляцией займет довольно продолжительное время.</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>
<b>Перечень графического материала</b>	

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

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры ЭЭС	Тихонов Д.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5A2B	Гулага Виктор Алексеевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А2В	Гулага Виктору Алексеевичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	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% районный коэффициент 30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы
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. - 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>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

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

1. Анализ конкурентных технических решений
2. Оценочная карта QuaD
3. График Ганта
4. Календарный план-график проведения НИ
5. Сравнительная характеристика вариантов исполнения проекта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А2В	Гулага Виктор Алексеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Гулага Виктору Алексеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроэнергетических систем
Уровень образования	Бакалавриат	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"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</p> <p>- Физические вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений, освещение.</p> <p>- Физические опасные факторы: электрический ток.</p> <p>- Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы.</p> <p>- Чрезвычайные ситуации: пожар.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.), СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СН 2.2.4/2.1.8.556-96.</p>

### 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"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>- Вредные факторы</p> <p>- Негативное влияние электромагнитного и ионизирующего излучения отрицательно влияет на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияют на психофизиологическое состояние.</p> <p>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м.</p> <p>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При конструировании и проектировании уровень звукового давления не должен превышать 50 дБА.</p> <p>- Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul>	<p>- Механические опасности отсутствуют.</p> <p>- Термические опасности отсутствуют.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Установлены удлинители в розетках (эл. сеть перегружена)</li> <li>- Физические опасные факторы: электрический ток.</li> <li>- Возможные причины пожара: возникновение КЗ в проводке.</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.</li> </ul>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Возможные ЧС: пожар.</li> <li>- Пожар.</li> <li>- Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма.</li> <li>- Соблюдения техники безопасности</li> <li>- Следовать плану эвакуации, вызвать пожарных.</li> </ul>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены.</li> <li>- Использовать оборудования и мебель согласно антрометрическим данным.</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Романцов И.И.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2В	Гулага Виктор Алексеевич		

**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 бакалавр  
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:	9.06.2016
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2016 г.	Электрический расчет	6
2.04.2016 г.	Тепловой расчет	6
25.04.2016 г.	Удельные характеристики конденсатора	3
5.05.2016 г.	Построение сборочного чертежа	5
15.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
30.05.2016 г.	Социальная ответственность	5
8.06.2016 г.	Оформление работы	10
9.06.2016 г.	Итог	40

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 81 страниц, 14 рисунков, 16 таблиц, 13 использованных источников, 3 приложения.

Ключевые слова: импульсный конденсатор, бумажно-масляная изоляция, характеристики конденсатора, испытательные установки.

Актуальность данной работы заключается в том, что импульсные конденсаторы широко применяются в установках для высоковольтных импульсных испытаний силовых трансформаторов, аппаратов. Импульсные конденсаторы используются для ряда технологических целей - дробления пород, получения и исследования высокотемпературной плазмы, создания сверхсильных импульсных токов, мощных импульсных источников света.

Структура работы: В работе произведен электрический расчет импульсного конденсатора, выбран материал диэлектрика и схема соединения секций. Произведен тепловой расчет, так же в работе выполнено сравнение выбранной конструкции по удельным характеристикам с другими видами импульсных конденсаторов. Был выполнен расчет стоимости ресурсов научного исследования, норм и нормативов расходования ресурсов, ставки налогов, отчислений, а также произведено описание рабочего места и использованных законодательных и нормативных документов по теме выпускной квалификационной работы по данной теме.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Word, Excel, MathCAD, КОМПАС, аналитические и графоаналитические расчетные методы.

## Оглавление

Введение.....	14
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	16
1.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	19
1.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	19
1.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	25
1.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	25
1.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	25
1.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	27
1.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)...	28
1.3.5 Накладные расходы .....	29
1.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	30
Термины и сокращения .....	32

## Введение

Высоковольтные импульсные конденсаторы применяются в настоящее время во многих отраслях науки и техники. Эти конденсаторы широко используются в установках для высоковольтных импульсных испытаний силовых трансформаторов, аппаратов, кабелей и внешней изоляции линий электропередачи (генераторы импульсных напряжений, генераторы коммутационных перенапряжений, генераторы импульсных токов). Импульсные конденсаторные установки используются для ряда электротехнологических целей — магнитной штамповки, дроблении пород, сейсмической разведки и др.

Емкостные накопители энергии с использованием импульсных конденсаторов применяются во многих электрофизических установках: для получения и исследования высокотемпературной плазмы, для создания сверхсильных импульсных токов и магнитных полей. Эти конденсаторы применяются также для получения мощных импульсных источников света, в лазерной, в локационной и в ракетной технике.

Сравнение накопителей энергии различных типов показывает, что конденсаторы обладают значительно меньшим энергосодержанием в единице объема, чем другие виды накопителей. Однако они могут обеспечить значительно больший импульсный ток благодаря меньшему внутреннему сопротивлению (индуктивности) и значительно большую мощность в импульсе.

Импульсные конденсаторы должны обладать;

- 1) возможно большим запасом энергии в единице объема;
- 2) малой внутренней индуктивностью и относительно хорошей добротностью;
- 3) высокой динамической устойчивостью внутренних соединений секции и групп секций, а также контактных соединений;

4) конструкций, обеспечивающей возможно меньшие габариты и удобное соединение конденсаторов в батареи малой индуктивности;

5) достаточным сроком службы в режиме многократных разрядов на малую индуктивность[1].

# **1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

### **1.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Необходимость проведения данного анализа обусловлена постоянной подвижностью рынка, появлением новых усовершенствованных разработок. Такой анализ так же 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, для чего необходимо отобрать несколько конкурентных товаров и разработок.

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.

В настоящее время существует небольшое количество типов конструкций изоляции конденсаторов, имеющих различные конструктивные и эксплуатационные особенности. Для проведения анализа были выбраны такие конкурентные разработки как конденсаторы с бумажно-масляной (БМИ) и бумажно-пленочно-масляной изоляцией (БПМИ).

Оценочная карта проведенного анализа представлена в таблице 1:

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		БМИ	БПМИ	БМИ	БПМИ
Надежность работы	0,089	5	4	0,446	0,357
Габаритные размеры	0,071	4	4	0,286	0,286
Электрическая прочность изоляции	0,071	5	4	0,357	0,286
Равномерность распределения ЭП	0,071	5	4	0,357	0,286
Гигроскопичность изоляции	0,049	4	4	0,197	0,197
Механическая прочность	0,066	4	4	0,262	0,262
Простота изготовления	0,049	4	4	0,197	0,197
Пожаробезопасность	0,082	5	4	0,410	0,328
Эффективность системы охлаждения	0,082	5	4	0,410	0,328
Простота обслуживания	0,066	4	3	0,262	0,197
Цена	0,082	5	4	0,410	0,328
Предполагаемый срок эксплуатации	0,066	5	5	0,328	0,328
Затраты на послепродажное обслуживание	0,049	4	4	0,197	0,197
Финансирование научной разработки	0,049	3	3	0,148	0,148
	1			4,27	3,72

По результатам проведения анализа можно сказать о том, что в данный момент проектируемая разработка, а именно импульсный конденсатор с бумажно-масляной изоляцией, является наиболее конкурентоспособной. 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 стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 2 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
Надежность работы	0,091	95	100	0,95	0,086
Габаритные размеры	0,073	75	100	0,75	0,055
Уровень материалоемкости разработки	0,073	60	100	0,60	0,044
Технические характеристики	0,091	95	100	0,95	0,086
Ремонтопригодность	0,091	80	100	0,80	0,073
Простота изготовления	0,073	60	100	0,60	0,047
Пожаробезопасность	0,091	75	100	0,75	0,068

Продолжение таблицы 2

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,091	85	100	0,85	0,077
Предполагаемый срок эксплуатации	0,073	85	100	0,85	0,062
Затраты на послепродажное обслуживание	0,055	60	100	0,60	0,033
Финансирование научной разработки	0,073	70	100	0,70	0,051
Конкурентоспособность продукта	0,091	85	100	0,85	0,077
<b>Итого</b>	<b>1</b>			<b>80,3</b>	<b>57</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

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

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

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

## 1.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 1.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в состав которой входят руководитель и инженер. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. [7,8]

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

исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.

Таблица 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 конденсатора	Инженер
	7	Тепловой расчет конденсатора	Инженер
	8	Расчет удельных характеристик конденсатора	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ и оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка сборочного чертежа	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 1.2.2 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ . Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где  $T_{p_i}$  – 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:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 8}{5} = 6 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{6}{1} = 6 \text{ дней}.$$

### 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.



Продолжение таблицы 4

Составление технического задания	4		8		6		6		7	
Подбор и изучение материалов по теме		5		10		7		7		10
Выбор направления исследований		6		11		8		8		12
Календарное планирование работ по теме	8		11		9		9		10	
Проведение предварительных расчетов		6		8		7		7		10
Электрический расчет		8		12		9		9		13
Тепловой расчет		6		9		7		7		10
Расчет удельных характеристик конденсатора		9		12		10		10		15
Оценка эффективности полученных результатов	5		9		7		7		9	
Разработка сборочного чертежа		6		12		8		8		12
Составление пояснительной записки		6		10		7		7		10

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

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 6 \cdot 1,482 = 7,32 \approx 7 \text{ дней.}$$

На основе таблицы 4 строим 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 5.

Таблица 5 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление ТЗ	Руководитель	7	□												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	10	■	■											
3	Выбор направления исследований	Инженер	12		■	■	■									
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	10				□	□								
5	Проведение предварительных расчетов	Инженер	10				■	■								
6	Электрический расчет	Инженер	13					■	■	■						
7	Тепловой расчет	Инженер	10						■	■						
8	Расчет удельных характеристик конденсатора	Инженер	15							■	■	■				
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	9									□	□			
10	Разработка сборочного чертежа	Инженер	12										■	■		
11	Составление пояснительной записки	Инженер	10												■	■

□ – руководитель, ■ – инженер.

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 26 дней, а инженера 92 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 6.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ( $Z_m$ ), руб.
Бумага	Пачка	1	290	290
Картридж для принтера	Шт	1	1700	1700
Блокнот А4 80 л.	Шт	1	75	75
Карандаш мех. НВ		1	25	25
Ручка		2	20	40
Степлер		1	170	170
Папка-скоросшиватель		1	20	20
Итого:				2320

#### 1.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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.

Месячный должностной оклад для руководителя:

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

Месячный должностной оклад для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 14584,32 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 28439 \text{ руб.}$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

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

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

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 7).

Таблица 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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{45366 \cdot 10,4}{245} = 1925,7 \text{ руб.},$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{28439 \cdot 11,2}{217} = 1467,8 \text{ руб.},$$

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1925,7 \cdot 22 = 42365,4 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1467,8 \cdot 73 = 107149,4 \text{ руб}$$

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

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

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

Таблица 8 - 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.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	23264,86	0,3	0,2	1,3	45366	1925,7	22	42365,4
Инженер	14584,32	0,3	0,2	1,3	28439	1467,8	73	107149,4
<b>Итого <math>Z_{\text{осн}}</math>, руб</b>								149514,8

### 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

Тогда для руководителя и инженера соответственно:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 42365,4 = 5931,16 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 107149,4 = 15000,9 \text{ руб.};$$

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

### **1.3.4 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:

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

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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	42365,4	5931,16
Инженер	107149,4	15000,9
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>		
Руководитель	13088,4	
Инженер	26506,6	

### 1.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ &= (73805 + 149514,8 + 20932,06 + 39595) \cdot 0,16 = 45415,5 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### **1.3.6 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 10.

Таблица 10 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НИИ	2320	0,9
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	149514,8	58
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20932,06	8,1
4. Отчисления во внебюджетные фонды	39595	15,4
5. Накладные расходы	45415,5	17,6
6. Бюджет затрат НИИ	257777,4	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 257777,4 рублей, причем наибольшая часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы (58%).

### **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 (таблица 11).

Таблица 11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 БМИ	Исп.2 БПМИ
Надежность работы	0,138	5	4
Габаритные размеры	0,111	5	5
Уровень материалоемкости разработки	0,111	4	5
Технические характеристики	0,138	5	5
Ремонтопригодность	0,138	5	4
Простота изготовления	0,111	4	3
Пожаробезопасность	0,138	4	4
Простота обслуживания	0,111	4	3
ИТОГО	1	4,51	4,12

## Термины и сокращения

**Конденсатор** - это система двух проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.

**ВКР** – выпускная квалификационная работа.

**БМИ** – бумажно-масляная изоляция.

**БМПИ** – бумажно-плёночно-масляной изоляцией.

**НТИ** – научно-техническое исследование.

**ПЭВМ** – персональная электронная вычислительная машина.

**ВДТ** – вольтдобавочный трансформатор.

**ПУЭ** – правила устройства электроустановок.

**Тангенс угла диэлектрических потерь ( $tg\delta$ )** определяется как отношение активной составляющей тока утечки через изоляцию к его реактивной составляющей.

**Пробивное напряжение** – минимальное напряжение  $U_{пр}$ , приложенное к диэлектрику, и приводящее к образованию в нем проводящего канала.

**ПДК (предельно допустимая концентрация)** - это максимальная концентрация вредного вещества, которая за определенное время воздействия не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом.

**Частичные разряды (ЧР)** – это искровой разряд очень маленькой мощности, который образуется внутри изоляции, или на ее поверхности, в оборудовании среднего и высокого классов напряжения.