

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 генератора грозовых импульсов для испытания высоковольтного оборудования

УДК 621.373.14.005

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Швалёв Игорь Анатольевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Юшков А.Ю.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

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.		

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
5A2B	Швалёву Игорю Анатольевичу

Тема работы:

Проектирование генератора грозовых импульсов для испытания высоковольтного оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2.02.2016, №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В данной работе рассчитывается и проектируется генератор грозовых импульсов для испытания высоковольтного оборудования. В качестве испытуемого оборудования выбраны трансформатор на класс напряжения 220 кВ и ввод наружного исполнения на класс напряжения 330 кВ. Для испытания в программном комплексе Elcut выбран конденсатор внутренней установки на 100 кВ. Исходные данные ГИН: Длительность фронта импульса $\tau_f=1.2$ мкс; Длительность импульса $\tau_i=50$ мкс; Время зарядки генератора 90 с; Зарядное напряжение ГИН не более 60кВ
---------------------------------	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Основной вопрос, который рассматривается в данной работе – проектирование генератора грозовых импульсов для испытания высоковольтного оборудования. В ходе решения этого вопроса проводится краткое изучение устройства генератора грозовых импульсов, производятся электрический, механический расчеты, а также его конструирование. Актуальность исследования данной темы обусловлена тем, что с помощью ГИН испытывают изоляцию оборудования, использование которого с поврежденной изоляцией недопустимо. 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. Также рассчитан конденсатор и проведены испытания его изоляции в программном комплексе Elcut.
Перечень графического материала	Сборочный чертеж ГИН, схема управления ГИН.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Высоковольтные испытательные установки и измерения	Лавринович В.А.
Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения	Важов В.Ф.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н.В.
Социальная ответственность	Романцов И.И.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Швалёв И.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Швалёву Игорю Анатольевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	-Оклады и стоимость оборудования выбраны по г.Томск.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Нормы амортизации (33.3%);
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- Отчисления в социальные фонды (27.1%).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT – анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки проекта: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проект: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расход; - амортизация.
3. Определение ресурсоэффективности проекта	Сравнительная оценка характеристик проекта. Интегральный показатель..

Перечень графического материала:

1. Календарный план – график проведения проекта
2. Таблица 1 – Матрица SWOT-анализа
3. Бюджет затрат проекта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Швалёв Игорь Анатольевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Швалёву Игорю Анатольевичу

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 (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: - Вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, 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).	Обслуживание ведет бригада инженеров. Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ГИН. - Физические вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных излучений; - Физические опасные факторы: электрический ток, электрическое поле; - Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы, испарение трансформаторного масла; - Чрезвычайные ситуации: взрыв, пожар.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.	ГОСТ 12.1.038-82ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. СНиП 3.05.06-85. ПУЭ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: - 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).	В рамках комплексной программы по оценке характерных для проекта рисков и управлению их возможными воздействиями необходимо учитывать потенциально вредные факторы, возникающих при работе с ГИН такие как повышенное электромагнитное излучение, воздействие шума.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: - Механические опасности (источники, средства защиты); - Термические опасности (источники, средства защиты); - Электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);	- Механические опасности. Вероятность разрушения конструкции; - Термические опасности выброс масла; - Электробезопасность. Вероятность поражения электрическим током; - Возможные причины пожара: Неправильное распространения искрового разряда. Взрыв конденсатора.

-Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	
- Правила по охране труда и окружающей среды при эксплуатации ГИИ; - Организация доступа к токоведущим частям оборудования; - Нормативы обеспечения заземления устройств со ссылками на СНиП; - Организация помещения для размещения оборудования с ограниченным доступом лиц; - Обеспечения окружающей безопасности (отходы, выбросы, сбросы), наличие выбросов, необходимость создания селитебной зоны.	Меры, которые необходимо принять для защиты персонала и окружающей среды от воздействующих факторов при строительстве и эксплуатации ГИИ.
3. Защита в чрезвычайных ситуациях: - 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	- Возможные ЧС: пожар, взрыв; - Взрыв; - Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма; - Соблюдения техники безопасности; - Следовать плану эвакуации, вызвать пожарных; - Действия при несчастных случаях; 1. Снять напряжение со схемы путем ее отключения; 2. Сообщить руководителю или лаборанту; 3. Оказать первую помощь пострадавшему; 4. Вызвать по телефону 03 скорую помощь.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Выписываться перечень на выполнение работы, допуск Типовая инструкция для охраны труда для электромонтёра. Выписываться наряд-допуск на выполнение работы, список лиц имеющие допуск. Список лиц имеющие право выполнение работы. Предупредительные плакаты, таблички.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ЭБЖ	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Швалёв Игорь Анатольевич		

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:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2016	Электрический расчет ГИН	3
10.04.2016	Электрический расчет конденсатора	2
18.04.2016	Тепловой расчет конденсатора	5
21.04.2016	Построение сборочного чертежа	3
25.04.2016	Описание схемы управления ГИН	3
15.05.2016	Моделирование в Elcut	4
22.05.2016	Социальная ответственность	5
25.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
8.06.2016	Оформление работы	10
9.06.2016	Итог	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Юшков А.Ю.	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 92 страниц, 24 рисунка, 19 таблиц, 16 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: Генератор грозовых импульсов, генератор Аркадьева-Маркса, конденсатор, изоляция, высоковольтное оборудование.

Объектом исследования является генератор грозовых импульсов, позволяющий испытывать высоковольтное оборудование.

Цель работы – проектирование генератора грозовых импульсов и испытание конденсатора в программном комплексе Elcut. А именно электрический и механический расчеты, тепловой расчет конденсатора, моделирование полей и их анализ в программном комплексе.

В процессе исследования проводился расчет генератора импульсных напряжений (ГИН), а именно проводился анализ и расчет зарядной и разрядной схемы, определение параметров ГИН. Также рассчитан конденсатор внутренней установки для последующего его испытания в программном комплексе Elcut. Был выполнен расчет стоимости ресурсов научного исследования, норм и нормативов расходования ресурсов, ставки налогов, отчислений. Так же было описаны рабочее место и законодательные и нормативные документы, связанные.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Word, Visio, Excel, Mathcad, КОМПАС, Elcut.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на DVD-R диске (в конверте на обороте обложки).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1 Общие сведения.....	12
1.2 Пример конструкции.....	14
1.3 Применение генератора импульсных напряжений	15
2 РАСЧЕТ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ.....	16
2.1 Анализ зарядного контура.....	16
2.2 Анализ разрядного контура	17
2.3 Определение параметров объектов испытания	17
2.4 Выбор значения коэффициента использования разрядной схемы	18
2.5 Расчет основных элементов схемы ГИН	19
2.6 Расчет шаровых разрядников	22
2.7 Расчет разрядного контура на апериодичность	24
2.8 Расчет зарядной схемы.....	28
2.9 Расчет делителя напряжения	31
2.10 Расчет емкости делителя на землю.....	35
2.11 Батарея конденсаторов.....	36
2.12 Принцип действия схемы управления ГИН.....	37
2.13 Испытание оборудования	38
3 РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОРА.....	39
3.1 Выбор изоляции.....	39
3.2 Электрический расчет	42
3.2.1 Выбор рабочей и испытательной напряженности	42
3.2.2 Расчет секции конденсатора.....	44
3.2.3 Конструирование пакета секций и расчет корпусной изоляции... 48	
3.2.4 Расчет вводов конденсатора	50
3.3 Тепловой расчет конденсатора.....	53
3.3.2 Расчет потерь в диэлектрике	53
3.3.3 Расчет потерь в металлических частях.....	53

3.3.4	Расчет максимальной температуры внутри конденсатора.....	54
3.4	Удельные характеристики конденсаторов.....	56
4	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ.....	57
4.1	Расчет электрического поля	58
4.2	Тепловой пробой изоляции	59
4.3	Испытание конденсатора грозовым импульсом.....	61
5	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБРЕЖЕНИЕ	63
5.1	SWOT-анализ	63
5.2	Формирование плана и графика разработки	65
5.3	Формирование бюджета затрат на проектирование.....	72
5.4	Ресурсоэффективность	78
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	79
6.1	Введение.....	79
6.2	Анализ микроклимата	79
6.3	Анализ вредных факторов.....	80
6.4	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	82
6.5	Правила по охране труда и окружающей среды при эксплуатации	83
6.6	Требования безопасности при аварийных ситуациях в помещении и лаборатории.....	84
6.7	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
6.7.1	Общие положения.....	86
6.7.2	Средства защиты, предназначенные для обеспечения электробезопасности.	89
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	91
	DVD-R диск..... В конверте на обороте обложки	

ВВЕДЕНИЕ

Генератор грозových импульсов является важнейшей составляющей испытательных лабораторий заводов, выпускающих оборудование для передачи электрической энергии. В результате удара молнии в оборудование подстанций или линий электропередач возникают грозových перенапряжения. Ввиду этого по проводам линий электропередач (ЛЭП) протекает ток молнии, который формирует апериодический импульс напряжения, воздействующий на изоляцию электрооборудования. Для имитации грозových перенапряжений применяют генераторы импульсных напряжений (ГИН) [1].

Основной частью импульсного генератора являются конденсаторы, заряжаемые параллельно и разряжаемые на нагрузку при последовательном соединении с помощью коммутирующих разрядников. При наличии в составе ГИН n конденсаторов, которые заряжаются до напряжения U , можно получить на выходе ГИН номинальное напряжение $U_{ном} = U \cdot n$. Это напряжение прикладывается к объекту испытаний и должно имитировать воздействие грозového импульса с фронтом 1.2 микросекунды и длительностью на полувысоте 50 микросекунд на элемент высоковольтной линии передачи или изоляцию аппарата, установленного на подстанции.

Электрическая прочность изоляции проверяется воздействием импульсов напряжений различной формы. Различают две формы импульса:

1) стандартный полный импульс, являющийся апериодической волной определенной полярности, которая без заметных колебаний достигает своего наибольшего (амплитудного) значения за короткий промежуток времени и затем более медленно спадает до нуля.

2) стандартный срезанный импульс – это волна, быстро спадающая до нуля в заданный момент времени, равный времени среза $\tau_c = (2 \div 5)$ мкс. Для среза напряжения применяются разрядники, включенные параллельно испытываемому объекту.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Генератор Аркадьева-Маркса — генератор импульсного высокого напряжения, принцип действия которого основан на зарядке электрическим током соединённых параллельно (через резисторы) конденсаторов, соединяющихся после зарядки последовательно при помощи различных коммутирующих устройств (например, газовых разрядников или тригатронов). Таким образом выходное напряжение увеличивается пропорционально количеству соединённых конденсаторов. Генераторы Маркса позволяют получать импульсные напряжения от ~ 10 кВ до ~ 10 МВ. Частота импульсов, вырабатываемых генератором Маркса, зависит от мощности генератора в импульсе и может достигать ~ 10 Гц. Энергия в импульсе генераторов Маркса широко варьируется 10^{-1} - 10^6 Дж. Генераторы Маркса, используемые для питания высоковольтных ускорителей, имеют длительность импульса порядка 1 мкс, высокие мощности пучка (порядка 3 МВт) и КПД (60-70%), высокий ток пучка ~ 500 кА, энергия около 6 МэВ.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБРЕЖЕНИЕ

5.1 SWOT-анализ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научного-исследовательского проекта.

SWOT – это акроним слов Strengths (силы), Weaknesses (слабости), Opportunities (благоприятные возможности) и Threats (угрозы). Внутренняя обстановка фирмы отражается в основном в S и W, а внешняя – в O и T.

Анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

Сильные стороны – это, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Результаты SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблица 11).

Таблица 11 – Матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны: С1. Минимальный вред окружающей среде С2. Оборудование высокого качества С3. Большой срок службы;	Слабые стороны: Сл1. Необходимость в большом помещении. Сл2. Большой срок поставок комплектующего Сл3. Требуется опыт работы и знания по эксплуатации ГИН;
Возможности: В1. Привлечение новых энергопредприятий, в связи с большим спектром услуг по испытанию оборудования. В2. Замена более дорогостоящего и устаревшего оборудования(комплектующего); В3. Повышение спроса	За счет установления стоимости испытания оборудования ниже стоимости испытания другой компании, привлечение большей части предприятий. Новое оборудование позволит увеличить спрос, т.к. новое оборудование более точное и надежное.	Выкуп помещения, либо долгосрочная аренда. Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования ГИН.
Угрозы: У1. Возможная, дополнительная государственная сертификация; У2. Экономическая ситуация в стране, способствующая замедлению замены высоковольтного оборудования; У3. Отсутствие финансирования.	Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий. Обладая долгим сроком службы, новым оборудованием и оптимальными ценами на испытания, установка конкурентоспособна.	Увеличение цены на оборудование возможно при нестабильной экономической обстановке в стране.

В результате проведения SWOT-анализа разработана маркетинговая стратегия, которая дает возможность для данного проекта более правильно спроектировать объект, уменьшить срок окупаемости и эффективно провести экономический расчет, чтобы учесть все непредвиденные расходы вследствие потенциальных внешних угроз.

5.2 Формирование плана и графика разработки

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

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ приведен в таблицу 12.

Таблица 12 – 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 исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Электрический расчет ГИН и конденсатора	Инженер
	7	Тепловой расчет конденсатора	Инженер
	8	Удельные характеристики конденсатора	Инженер
	9	Описание конструирования конденсатора	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

Продолжение таблицы 12.

Обобщение и оценка результатов	11	Построение сборочного чертежа	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

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

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.;

$t_{махи}$ – 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, так как удельный вес зарплаты в общей 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.

В качестве одного из методов планирования проекта, воспользуемся иллюстрацией плана, а именно Диаграммой Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

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

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.

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

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел-дней},$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{7}{2} = 3.5 \approx 4 \text{ дня}.$$

Для пятидневной рабочей недели коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1.48,$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 6 \cdot 1.48 = 8.88 \approx 9 \text{ дней}.$$

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 65} = 1.216 \approx 1.22$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1.22 = 3.66 \approx 4 \text{ дня}.$$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – 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 утвер- ждение технического задания	2		4		3		3		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		6		6		9
Выбор направления исследований		3		4		3		3		5

Продолжение таблицы 13

Календарное планирование работ по теме	10		15		12		6		8	
Проведение теоретических расчетов и обоснований		8		14		10		5		8
Электрический расчет		10		15		12		6		9
Тепловой расчет конденсатора		7		10		8		8		12
Удельные характеристики конденсатора		15		20		17		9		13
Оценка эффективности полученных результатов	6		13		9		5		7	
Построение сборочного чертежа		17		20		18		9		14
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		5		8		6		3		5

По таблице можем наблюдать временные показатели проведения научного исследования. По данной таблице построим календарный план (Диаграмму Ганта).

Таблица 14 – Календарный план-график проведения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль				март			апрель			май
				1-4	5-13	15-19	22-29	1-9	10-18	19-30	31-12	13-19	20-3	4-8
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	9											
3	Выбор направления исследований	Инженер	5											
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	9											
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	8											
6	Электрический расчет	Инженер	9											
7	Тепловой расчет конденсатора	Инженер	12											
8	Удельные характеристики конденсатора	Инженер	13											
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	7											
10	Построение сборочного чертежа	Инженер	14											
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	5											

■ – руководитель, ■ – инженер.

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 19 дней, а инженера 75 дней.

5.3 Формирование бюджета затрат на проектирование

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверно отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 19.

Представим расчет материальных затрат в таблице 15.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Бумага	Пачка	1	300	300
Комплект картриджей для принтера (цветной + черный)	Шт	1	2500	2500
Набор настольный канцелярский	Шт	1	300	300
Итого				3100

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя 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. (таблица 13);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11.2$ 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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0.3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в проекте и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1.3 (для Томска).

Пример расчета заработной платы для руководителя (шестидневная рабочая неделя):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = \\ = 27484 \cdot (1 + 0.3 + 0.5) \cdot 1.3 = 64312 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{64312 \cdot 10.4}{252} = 2654 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2654 \cdot 14 = 37156 \text{ руб.}$$

Пример расчета заработной платы для инженера (пятидневная):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = \\ = 14584 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 28440 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{28440 \cdot 11.2}{223} = 1428 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1428 \cdot 49 = 69972 \text{ руб.}$$

Итоги расчета основной заработной платы сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{доп} , руб.	З _{осн} , руб.
Руководитель	27484	0.3	0.5	1.3	64312	2654	14	4458	37156
Инженер	14584	0.3	0.2	1.3	28440	1428	49	8396	69972
Итого									107128

Основная заработная плата в итоге получилась 107128 руб., что занимает основную часть бюджета затрат проекта.

Кроме основной заработной платы необходимо выплачивать дополнительную. Дополнительной заработной платой называют плату, начисленную рабочим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих и служащих, льготных часов,

времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, и др.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12 – 0.15).

Дополнительная заработная плата для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 37156 = 4458 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$З_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 69972 = 8396 \text{ руб.}$$

При оплате труда, организация (работодатель) сталкивается с платежами во внебюджетные фонды. С вознаграждений работникам в образовательных учреждениях по трудовым договорам уплачиваются взносы в Пенсионный фонд (ПФР), Фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС).

Общие тарифы в 2016 году составляют в ПФР — 22% (с выплат свыше 711 000 руб. – 10%), в ФФОМС — 5.1%. Общий платёж составляет 27.1%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 17).

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	37156	4458
Инженер	69972	8396
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11277	
Инженер	21237	

Отчисления во внебюджетные формы составили для руководителя 11277 руб., а для инженера – 21237 руб.

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

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Рассчитаем амортизацию отчислений. Амортизация рассчитывается только на оборудование выше 40000 руб.

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. Для проектирования необходим (учитывается оборудование более 40 тысяч рублей) компьютер, стоимость которого составляет 48000 рублей:

$$C_{\text{ОБОР.}} = 48000 \text{ руб.}$$

Определим сумму амортизационных отчислений:

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.}}}{T_{\text{Г}}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{3}{12} \cdot \frac{1}{3} \cdot 48000 = 4000 \text{ руб.,}$$

где $T_{\text{исп.}}$ – время использования оборудования = 3 месяца;

$T_{\text{Г}}$ – количество использования в год = 12 месяцев;

$C_{\text{ОБОР.}}$ – стоимость оборудования;

$T_{\text{сл.}}$ – срок службы оборудования = 3 года.

Годовая норма амортизации составляет 33.3%.

На основе полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проекта, приведенная в таблице 18.

Таблица 18 – Бюджет затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты проекта	3100	1.7
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	107128	57.9
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12854	6.9
4. Отчисления во внебюджетные фонды	32514	17.6
5. Амортизация	4000	2.2
6. Накладные расходы	25535	13.7
7. Бюджет затрат проекта	185131	100

Бюджет затрат проекта составляет 185131 руб. Основной процент бюджета составляет основная заработная плата, равная 107 128 руб.

5.4 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы узла учета тепловой энергии определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,30	4
2. Надежность	0,30	5
3. Удобство в эксплуатации	0,15	3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	4
5. Энергоэкономичность	0,10	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,30 \cdot 4 + 0,30 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,05 .$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает результат 4,05 из 5, что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.