

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 Аркадьева – Маркса для испытания вводов с <i>RIP</i> – изоляцией	

УДК 621.373.14.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Коробков Станислав Дмитриевич		

Руководитель

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

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
5A2B	Коробкову Станиславу Дмитриевичу

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 Аркадьева – Маркса для испытания высоковольтного оборудования. В качестве испытуемого оборудования выбраны силовой трансформатор на класс напряжения 110 кВ и вводы наружного исполнения с <i>RIP</i> – изоляцией на класс напряжения 220 кВ. Исходные данные ГИН: Длительность фронта импульса $\tau_f=1.2$ мкс; Длительность импульса $\tau_n=50$ мкс; Время зарядки генератора 80 с; Зарядное напряжение ГИН не более 60кВ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Основной вопрос, который рассматривается в данной работе – проектирование генератора Аркадьева – Маркса для испытания высоковольтного оборудования. В ходе решения этого вопроса проводится краткое изучение устройства генератора Аркадьева – Маркса, 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.
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.
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	Тихонов Д.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Коробков С.Д.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Коробкову Станиславу Дмитриевичу

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 научного исследования (НИ): 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 НИ 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	Коробков Станислав Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Коробкову Станиславу Дмитриевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i> - Вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, 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).	<i>Обслуживание ведет бригада инженеров. Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ГИН.</i> - Физические вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении, освещения, 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. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</i>	<i>ГОСТ 12.1.038-82ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.</i> <i>СНиП 3.05.06-85. ПУЭ.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> - 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).	<i>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.</i>
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> - Механические опасности (источники, средства защиты); - Электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	- Механические опасности. Вероятность разрушения конструкции; - Электробезопасность. Вероятность поражения электрическим током; - Возможные причины пожара: Неправильное распространения искрового разряда. Взрыв конденсатора.

- Правила по охране труда и окружающей среды при эксплуатации ГИН; - 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 ГИН.
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; - Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма; - План эвакуации.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	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	Коробков Станислав Дмитриевич		

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)
24.03.2015 г.	Литературный обзор	3
3.04.2015 г.	Объект и методы исследования	5
14.04.2015 г.	Исследование зарядной схемы	8
24.05.2015 г.	Исследование разрядной схемы	8
1.05.2015 г.	Проверка контура на апериодичность	4
12.05.2015 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
26.05.2015 г.	Социальная ответственность	5
9.06.2015 г.	Оформление работы	3
9.06.2016	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 состоит из 75 страниц, 12 рисунков, 14 таблиц, 14 источников, 2 приложений.

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

Объектом исследования является генератор импульсных напряжений по схеме Аркадьева – Маркса, позволяющий испытывать высоковольтное оборудование.

Цель работы – провести расчет и выбрать конструкцию генератора импульсных напряжений по схеме Аркадьева – Маркса.

В процессе исследования проводился расчет генератора импульсных напряжений (ГИН), а именно проводился анализ и расчет зарядной и разрядной схемы, определение параметров ГИН. Также 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.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе *Microsoft Word 2013*, *Microsoft Visio* также использовались программы *MathCad 14*, *Microsoft Excel 2013*, *Компас 3D v16 Home*.

Оглавление

Введение	11
1 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	13
3.1 SWOT-анализ	13
3.2 Формирование плана и графика разработки.....	16
3.3 Формирование бюджета затрат на проектирование	22
3.4 Ресурсоэффективность.....	27
Термины и сокращения	29

ВВЕДЕНИЕ

Изоляция высоковольтных электрических установок постоянно подвергаются в условиях эксплуатации действующему рабочему напряжению. Вдобавок, высоковольтная изоляция испытывает воздействие внутренних и грозовых перенапряжений. Возможность надежной работы изоляции в условиях воздействия рабочих напряжений и возникающих перенапряжений проверяется путем проведения испытаний электрической прочности изоляции. Для проведения таких испытаний в лабораториях используют источники высокого напряжения переменного, постоянного и импульсного напряжения. Установки высокого напряжения промышленной частоты могут имитировать условия работы изоляции в нормальном рабочем режиме и при некоторых воздействиях внутренних перенапряжений. Методы испытания и значения испытательных напряжений нормируется ГОСТ 1516-76. Испытаниям подвергается каждый вновь разработанный тип электрооборудования, а также каждое изделие при его выпуске заводом изготовителем. Целью этих испытаний является проверка соответствия электрической прочности изоляции электрооборудования требованиям ГОСТа. Также в процессе эксплуатации изоляции проводятся регулярные плановые испытания изоляции. Необходимость этих испытаний связана с постепенным ухудшением диэлектрических свойств изоляции, вызванных электромагнитными, тепловыми и химическими воздействиями окружающей среды. [1]

Испытания изоляции импульсами напряжения позволяет проверить ее способность выдерживать расчетные значения внутренних перенапряжений. Импульсами напряжения называют волны напряжения длительностью от долей микросекунд до нескольких миллисекунд. Генераторы таких напряжений предназначены для испытаний различных видов изоляций (линейной, аппаратной, трансформаторной), определения вольтсекундных характеристик разрядников, исследования защитного действия молниеотводов, изучения физики высоковольтного разряда и т.д.

Генератор импульсных напряжений (ГИН) является важнейшей составляющей испытательных лабораторий заводов, выпускающих оборудование для передачи электрической энергии. [2]

Основной частью импульсного генератора являются конденсаторы, заряжаемые параллельно и разряжаемые на нагрузку при последовательном соединении с помощью коммутирующих разрядников. Таким путем при наличии в составе ГИН n конденсаторов, заряжаемых до напряжения U , можно получить на выходе ГИН номинальное напряжение nU . Это напряжение прикладывается к объекту испытаний и должно имитировать воздействие грозового импульса с фронтом 1,2 микросекунды и длительностью на полувывсоте 50 микросекунд на элемент высоковольтной линии передачи или изоляцию аппарата, установленного на подстанции.

1 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 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 научно-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 5 – 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.

3.2 Формирование плана и графика разработки

Для выполнения проекта 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 проекта, а также распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ приведен в таблицу 6.

Таблица 6 – 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
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Обобщение и оценка результатов	8	Построение сборочного чертежа	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

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

Трудоемкость выполнения проекта 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, 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):

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

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

Для пятидневной рабочей недели коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48,$$

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

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарности:

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

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

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – 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		$t_{ож},$ чел-дни					
	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер	Руководите	Инженер
Составление и утверждение 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
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
Оценка эффективности полученных результатов	6		13		9		5		7	

Продолжение таблицы 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 9 – Календарный план-график проведения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				февраль				март			апрель	
				1-4	5-13	15-19	22-29	1-9	10-18	19-25	26-8	9-13
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	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	7									
8	Построение сборочного чертежа	Инженер	14									
9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	5									

■ – руководитель, ■ – инженер.

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 20 дней, а инженера 50 дней.

3.3 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 13.

Представим расчет материальных затрат в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Z_m), 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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 8);

$Z_{\text{дн}}$ – 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):

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

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{64312 \cdot 10.4}{277} = 2414 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2414 \cdot 14 = 33796 \text{ руб.}$$

Пример расчета заработной платы для инженера (пятидневная):

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

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

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1428 \cdot 32 = 45696 \text{ руб.}$$

Таблица 11 – 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	2414	14	4055	33796
Инженер	14584	0.3	0.2	1.3	28440	1428	32	5483	45696
Итого									79492

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:

$$З_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 33796 = 4055 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$З_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 69972 = 5483 \text{ руб.}$$

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 12).

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	33796	4055
Инженер	45696	5483
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	

Продолжение таблицы 12.

Итого	
Руководитель	10257
Инженер	13869

Отчисления во внебюджетные формы составили для руководителя 10257 руб., а для инженера – 13869 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:

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

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 13.

Таблица 13 – Бюджет затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты проекта	3100	2.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79492	54.6
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9538	6.5
4. Отчисления во внебюджетные фонды	24126	16.6
5. Амортизация	4000	2.7
6. Накладные расходы	25535	17.5
7. Бюджет затрат проекта	145791	100

Бюджет затрат проекта составляет 14791 руб. Основной процент бюджета составляет основная заработная плата, равная 79492 руб.

3.4 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 – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 14.

Таблица 14 – 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.

Термины и сокращения

Генератор импульсных напряжений (ГИН) – 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.

Ввод - устройство, позволяющее пропускать один или несколько проводников, находящихся под напряжением, через перегородку (например, 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.

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).

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

Срезанный импульс - импульс, у которого скорость снижения напряжения существенно больше скорости изменения напряжения в момент времени, непосредственно предшествующий моменту среза.

Полный импульс – импульс, характеризуемый повышением значения напряжения до максимального за время от долей микросекунды до 20 мкс и последующим менее быстрым снижением значения напряжения до нуля.

Делитель напряжения – преобразующее устройство, состоящее из плес высокого и низкого напряжения, таких, что напряжение входа прикладывается

ко всему устройству, а напряжение выхода снимается с плеча низкого напряжения.

Электрический конденсатор – устройство для накопления заряда и энергии электрического поля с определенным или переменным значением ёмкости и малой проводимостью.