

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование КЭС мощностью 400 МВт

УДК – 621. 311. 2. 001. 6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Трофимов Виктор Геннадьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пономарчук Н.Р.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) Электрические станции и подстанции

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Трофимов Виктор Геннадьевич

Тема работы:

Проектирование КЭС мощностью 400 МВт
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проектирование КЭС мощностью 400 МВт и В качестве исходных данных представлены: 1. Количество генераторов на станции, их параметры; 2. Параметры энергосистемы; 3. Параметры нагрузок потребителей; 4. Величина резерва 5. Состав механизмов собственных нужд
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Титульный лист Задание Реферат Введение Раздел 1 Проектирование электрической схемы станции Раздел 2 Анализ самозапуска электродвигателей собственных нужд Раздел 4 Социальная ответственность Раздел 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение Список литературы

	Приложения
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Расчет установившегося режима (приложение А) <u>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</u> Главная схема электрических соединений станции <u>400МВт</u>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Пономарчук Надежда Рафиковна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Трофимов Виктор Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Трофимову Виктору Геннадьевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	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)	Рабочее место представляет собой помещение электрической подстанции, внутри которой находится электрооборудование под высоким напряжением. Вредные и опасные факторы производственной среды: Движущиеся машины и механизмы монтажного и ремонтного оборудования; шанс поражения персонала электрическим током; пониженный или повышенный уровень освещенности; повышенный уровень шума и вибрации от работающих приводных электродвигателей, систем вентиляции и охлаждения, воздействия движущихся частей изделия и частей изделия, нагреваемых до высоких температур. Аварийные и чрезвычайные ситуации – пожары.
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	Правила устройства электроустановок; ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», который устанавливает общие требования безопасности к конструкции электротехнических изделий; ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»; СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности»

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)	1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – 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)
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i>	В данной части необходимо проанализировать следующие опасные факторы: термические

– термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	опасности; электробезопасность; пожаровзрывобезопасность.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Электрическая станция оказывает влияние на окружающую среду следующими факторами: электромагнитные поля, акустический шум, озон, окислы азота, электро-поражение птиц, сажащихся на провода, изоляторы и конструкции опор, а также возможность растекания трансформаторного масла и токов утечки.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть на станции- это пожар, возникший в результате короткого замыкания или неисправности электрооборудования. Пожары на подстанциях могут возникать на трансформаторах, генераторах, масляных выключателях и в кабельном хозяйстве.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Трофимов Виктор Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2Б	Трофимову Виктору Геннадьевичу

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 ресурсопроекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады приняты на основании Положения ТПУ Стоимость оборудования выбраны по г.Томск.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма 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 проекта по возможностям, угрозам, сильным и слабым сторонам
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Формирование плана и графика проекта: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат проекта: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расход; - амортизация.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала:

1. Матрица SWOT – анализа
2. Диаграмма Ганта
3. Расчет бюджета затрат проекта
4. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2Б	Трофимов Виктор Геннадьевич		

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 ЭЭС

Период выполнения весенний семестр 2014/2015 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)
27.04.2015г.	Расчет электрической части КЭС 400МВт	
30.03.2016 г.	Объект и методы исследования	
7.04.2016 г.	Изучение программного обеспечения	
25.04.2016 г.	Расчет собственных нужд генератора	
04.06.2016 г.	Социальная ответственность	
08.06.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
09.06.2016 г.	Оформление работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ЭЭС	Пономарчук Н.Р			

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 121 страницу; 22 рисунков; 70 таблиц; 13 источников; 1 лист графического материала; презентационное слайд-шоу.

Ключевые слова: энергосистема, конденсационная электростанция, собственные нужды электростанции, самозапуск, энергоблок, социальная ответственность, ресурсоэффективность.

Объектами исследований являются конденсационная электростанция мощностью 400 МВт и собственные нужды блока 200МВт

Цель работы: спроектировать конденсационную электростанцию установленной мощностью 400 МВт, выбрать основное оборудование, коммутационную аппаратуру, измерительную подсистему, выбрать электродвигатели собственных нужд и проанализировать их самозапуск.

В процессе работы:

- проведен структурный и функциональный анализ электрической схемы электростанции;
- выбраны силовое оборудование и электрические аппараты для проектируемой электростанции;
- выбраны электродвигатели собственных нужд и анализирован их самозапуск;

В процессе работы использовались аналитические, расчетные и графоаналитические методы, использована программа «Мустанг».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СТАНЦИИ.....	12
1.1 Выбор электрической схемы станции	12
1.2 Исходные данные	13
1.3 Выбор турбогенераторов	14
1.4 Баланс мощностей.	18
1.4.1 Баланс активных мощностей.....	18
1.4.2 Баланс реактивных мощностей	18
1.4.3 Баланс полных мощностей	19
1.4.4 Программный расчет баланса мощности	20
1.5.1 Расчет продолжительных режимов.....	21
1.5.2 Аналитический расчет продолжительных режимов.	22
1.5.2.1 Режим максимальных нагрузок.....	23
1.5.3 Программный расчёт перетоков мощности	24
1.6 Выбор силовых (авто)трансформаторов	25
1.6.1 Выбор блочных силовых трансформаторов	25
1.6.2 Выбор трехобмоточных автотрансформаторов.....	27
1.6.3 Основные каталожные параметры выбираемых трансформаторов.	27
1.7. Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения.....	29
1.7.1 Описание расчетного присоединения	30
1.7 Расчетные условия для выбора проводников и аппаратов по продолжительным режимам работы.	31
1.7.1 Расчетные условия по продолжительным режимам работы	31
1.7.2 .Определение расчетных условий по выбору аппаратуры и токоведущих частей по режимам КЗ.	33
1.7.2.1 Расчет токов трехфазного КЗ ($K_1^{(3)}$) на шине РУ СН аналитически.....	36
1.8. Выбор коммутационных аппаратов в цепях расчётного присоединения	46
1.8.1 Выбор выключателей:	46
1.8.2 Выбор разъединителей.....	50
1.9. Выбор токоведущих частей	52
1.9.1. Описание токоведущих частей КЭС.....	53
1.9.2 Выбор пофазно-экранированных токопроводов	53
1.9.3 Выбор и проверка гибких шин и токопроводов	53
1.10 Выбор измерительных трансформаторов тока	55
1.10.1 Проверка по вторичной нагрузке.	58
1.11 Выбор измерительных трансформаторов напряжения.....	59
1.12 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств	61
Глава 2. АНАЛИЗ САМОЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД.....	63

2.2 Выбор трансформаторов собственных нужд	66
2.3 Типы и параметры электродвигателей собственных нужд	68
2.4 Выбор схемы собственных нужд	69
2.5 Расчет установившегося режима	71
2.5.1 Расчет установившегося режима через трансформатор с.н.	71
2.5.2 Расчет установившегося режима через резервный трансформатор с.н.	73
2.6.1 Ввод исходных данных	73
2.7. Проверка самозапуска двигателей собственных нужд	77
Глава 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	81
3.1 Анализ выявленных опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды.....	82
3.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих	83
3.2.1 Электробезопасность	83
3.2.3 Шум и вибрация	88
3.2.5 Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.....	91
3.3 Охрана окружающей среды.....	91
3.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	94
3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	96
Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	98
4.1 SWOT-анализ.....	98
4.2 Формирование плана и графика разработки.....	100
4.3 Трудоемкость работ.....	101
4.4. Формирование бюджета затрат на проектирование	106
4.5. Определение ресурсной эффективности исследования.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
Приложение А1 Расчет установившегося режима через трансформатор с.н.....	116
Приложение А1	119

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование электростанции типа КЭС довольно актуально, так как в нашей стране порядка 25% всей вырабатываемой электроэнергии происходит именно на таких станциях, как правило, большинство КЭС были построены еще в советское время и на порядок устарели, а потребление энергии растет с каждым годом. Поэтому необходимо строить новые объекты, вырабатывающие электрическую энергию, то есть электростанции. Однако для того, чтобы построить электростанцию, ее необходимо грамотно спроектировать, чтобы электростанция в дальнейшем исправно выполняла, возложенные на нее функции и отвечала всем требованиям.

КЭС является сложным энергетическим комплексом, состоящим из зданий, сооружений, энергетического и иного оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики.

Помимо проектирования электрической части КЭС, будет произведен анализ самозапуска двигателей собственных нужд. Под самозапуском подразумевается восстановление нормальной работы электродвигателей после кратковременного отключения или электроснабжения некоторых элементов системы собственных нужд. Успешным самозапуском считается такой, при котором остаточное напряжение на шинах собственных нужд обеспечивает работу электродвигателей с номинальной частотой вращения, допустимое по условиям нагрева двигателей и сохранения устойчивости технологического режима станции.

Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 SWOT-анализ

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности 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.

Результаты SWOT-анализа представим в табличной форме(см. таблица 52)

Таблица 52 – SWOT-анализа

	Возможности (O)	Угрозы (T)
	1) Рост спроса на электроэнергию 2) Строительство стратегических предприятий, нуждающихся в электроэнергии 3) Отсутствие конкурентов Близкое расположение полезных ископаемых	1) Негативное влияние на экологию 2) Исчерпание полезных ископаемых
Сильные стороны(S)		
1)Государственная поддержка 2)Квалифицированный персонал 3)Оборудование высокого качества	1) Засчет квалифицированных специалистов и качественного оборудования, производить электроэнергию надлежащего качества, чтобы не потерять доверие на рынке 2) Снабжать электричеством и теплом важные государственные объекты, тем самым обеспечивая себе новых потребителей	1) Устанавливать дополнительные фильтры на выбрасываемые во внешнюю среду воду и углекислый газ 2) Переходить на более экологически чистые источники энергии (например: с угля на природный газ)
Слабые стороны (W)		
1) Большой срок окупаемости 2) Низкий коэффициент полезного действия (КПД) 3) Малое количество	1) Уменьшить срок окупаемости за счет работы станции на полную мощность 2) Предлагать более выгодные условия для инвесторов	1) Использовать выхлопные газы и сбрасываемую воду для получения дополнительной тепло или электроэнергии

инвесторов, готовых вкладывать деньги		
---------------------------------------	--	--

В результате проведения SWOT-анализа была разработана маркетинговая стратегия, вследствие которой для данного проекта необходимо грамотно спроектировать объект, уменьшить срок окупаемости за счет работы станции на полную мощность и эффективно провести экономический расчет, чтобы учесть все непредвиденные расходы вследствие потенциальных внешних угроз.

4.2 Формирование плана и графика разработки

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 2.

Проектная команда – 2 человека, руководитель-проектировщик (РП) и проектировщик (П).

Таблица 53 – Этапы работ

№	Описание работы	Исполнитель
1	Анализ спроса потребителей на энергетические объекты, составление базовых параметров станции	РП
2	Подготовка офиса, закупка оборудования,	И

	программного обеспечения	
3	Составление плана расчета и подготовка конструкторской литературы и справочных данных	И
4	Предварительные вспомогательные расчеты	РП
5	Моделирование режимов работы	И
6	Расчет электрической части КЭС	И
7	Оптимальный выбор оборудования	И

Продолжение таблицы 53

8	Выбор необходимых защит блока	И
9	Расчет защит	РП
10	Подготовка отчетов и записок по проекту	И
11	Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами	И

4.3 Трудоемкость работ

Стоимость проектирования определяется, помимо всего прочего, трудовыми затратами. Для этого определяется трудоемкость каждого исполнителя, которая оценивается вероятностно, в связи с различными факторами процесса.

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

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы людей.- дней.;

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), людей.-дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, людей.-дней.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

Пример расчета трудоемкости и продолжительности работы 6:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 30 + 2 \cdot 60}{5} = 42,$$
$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{42}{2} = 21.$$

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):

Для пятидневной рабочей недели коэффициент календарности:

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

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 21 \cdot 1,48 = 31,08 \approx 32 \text{ дней}.$$

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 65} = 1,216 \approx 1,22$$

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 21 \cdot 1,22 = 25,62 \approx 26 \text{ дня}.$$

Данные по продолжительности работ сведены в таблицу 3.

Таблица 54 – Календарный график

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		$t_{ож\bar{c}i}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Анализ спроса потребителей на энергетические объекты, составление базовых параметров станции	2		4		3		3		4	

Продолжение таблицы 54

Подготовка офиса, закупка оборудования, программного		5		8		6		6		9
Составление плана расчета и подготовка конструкторской литературы и справочных данных		3		4		3		3		5
Предварительные вспомогательные расчеты	10		15		12		6		8	
Моделирование режимов работы		8		14		10		5		8
Расчет электрической части КЭС		10		15		12		6		9
Оптимальный выбор оборудования		7		10		8		8		12
Выбор необходимых защит блока		15		20		17		9		13
Расчет защит	6		13		9		5		7	
Подготовка отчетов и записок по проекту		17		20		18		9		14
Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами		5		8		6		3		5

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

[illegible]

11	Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами	Инженер	5												
----	--	---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица - 55 диаграмма Ганта

■ – руководитель, ■ – инженер

4.4. Формирование бюджета затрат на проектирование

Представим расчет материальных затрат в таблице 5.

Таблица – 56. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Z_m), руб.
Бумага	Пачка	1	300	450
Комплект картриджей для принтера (цветной + черный)	Шт	1	2500	2500
Набор настольный канцелярский	Шт	1	300	450
Итого				3400

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где, $Z_{осн}$ – основная заработная плата,

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 3),

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где, $Z_{\text{м}}$ – 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,

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

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

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

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1.3 (для Томска).

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2654 \cdot 14 = 50426 \text{ руб.}$$

Пример расчета заработной платы для инженера (пятидневная):

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

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{28440 \cdot 11,2}{223} = 1428 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1428 \cdot 75 = 128600 \text{ руб.}$$

Таблица – 57. 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	5504	50426
Инженер	14584	0.3	0.2	1.3	34126	1428	75	15425	128600
Итого									179026

Основная заработная плата в итоге получилась 179026 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. Дополнительная заработная плата учитывается так же, как и основная, и включается в фонд заработной платы предприятия.

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:

$$З_{\text{доп}} = 0.14 \cdot 50426 = 7059 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$З_{\text{доп}} = 0.14 \cdot 128600 = 18004 \text{ руб.}$$

Отчисления в социальные фонды:

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.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 27.1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 7).

Таблица – 58. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	50426	7059
Инженер	128600	18004
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		

Руководитель	15578
Инженер	39729

Отчисления во внебюджетные формы составили для руководителя 15578 руб., а для инженера – 39729 руб.

Накладные расходы:

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

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

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 40 000 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 необходимы следующее оборудование (выше 40 тыс.руб.):

– компьютер - 45000 рублей

$$C_{\text{ОБОР.}} = 45000 \text{ руб.},$$

Определим сумму амортизационных отчислений:

$$И_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{Г}}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{3}{12} \cdot \frac{1}{3} \cdot 45000 = 4750 \text{ руб.},$$

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 лет,

Годовая норма амортизации составляет 10,5%.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 8.

Таблица – 59. Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	3400	1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	179026	59.3
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25063	7.1
4. Отчисления во внебюджетные фонды	55307	18
5. Амортизация	4750	0.8
6. Накладные расходы	40221	13.8
7. Бюджет затрат НТИ	307767	100

Бюджет затрат НТИ составляет 307767 руб. Из этой стоимости основные затраты составляют заработная плата составляет 179026 руб.

4.5. 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 – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы (табл. 9).

Таблица 9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 БМИ	Исп.2 ББИ	Исп.3 МБИ
Надежность работы	0,1	5	3	4
Габаритные размеры	0,111	5	5	3
Уровень материалоемкости разработки	0,15	4	2	3
Технические характеристики	0,139	5	4	3
Ремонтопригодность	0,139	5	4	3
Простота изготовления	0,111	4	3	3
Пожаробезопасность	0,139	4	4	4
Простота обслуживания	0,112	4	4	5
ИТОГО	1	4,5	3,625	3,13

В результате выполнения заданий данного раздела был проведен SWOT-анализ, который дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя

среды проекта. При проведении планирования технико-экономического проекта был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Длительность работ в календарных днях руководителя составляет 19 дней, а инженера 75 дней.

Для осуществления проекта необходимы материальные затраты, затраты на оплату труда и все необходимые расходы. Общий бюджет затрат составил 307767 руб.

С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,5).