

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 560 МВт

УДК – 621. 311. 2. 001. 6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Шурпик Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	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
Старший преподаватель	Романцов И.И.			

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) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

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	Шурпик Сергею Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование КЭС мощностью 560 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 560 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>(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 <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Расчет установившегося режима (приложение А) ПРИЛОЖЕНИЕ Б Главная схема электрических соединений станции 560МВт
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
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
Старший преподаватель	Пономарчук Надежда Рафиковна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Шурпик Сергей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Шурпик Сергею Сергеевичу

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 (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 станции, 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. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	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. 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 данной части необходимо проанализировать следующие вредные факторы: физические; химические; биологические; психофизиологические.
--	---

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	В данной части необходимо проанализировать следующие опасные факторы: 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, выбросы продуктов горения.
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 подстанции- это пожар, возникший в результате короткого замыкания, неисправности электрооборудования или котельного оборудования. Пожары на подстанциях могут возникать на трансформаторах, масляных выключателях, кабельном хозяйстве и топке котла.
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			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Шурпик Сергей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2Б	Шурпик Сергею Сергеевичу

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	Шурпик Сергей Сергеевич		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования бакалавр

Кафедра 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)
27.04.2015г.	Расчет и выбор основного оборудования КЭС	10
30.03.2016 г.	Объект и методы исследования	5
7.04.2016 г.	Изучение программного обеспечения	5
25.04.2016 г.	Расчет собственных нужд генератора	5
04.06.2016 г.	Социальная ответственность	5
08.06.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
09.06.2016 г.	Оформление работы	5

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: 124 страницы; 20 рисунков; 58 таблиц; 12 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 560 МВт и собственные нужды блока 200МВт

Цель работы: спроектировать конденсационную электростанцию установленной мощностью 560 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 проверен их самозапуск;

При расчете использовались аналитические, расчетные и графоаналитические методы, использована программа «Мустанг» и программа GTCURR.

Построена принципиальная схема станции со всем выбранным оборудованием.

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.	20
1.4.1 Баланс активных мощностей	20
1.4.2 Баланс реактивных мощностей	20
1.4.3 Баланс полных мощностей	20
1.4.4 Программный расчет баланса мощности	22
1.5.1 Расчет продолжительных режимов	24
1.5.2 Аналитический расчет продолжительных режимов.	24
1.5.3 Программный расчёт перетоков мощности	26
1.6 Выбор силовых (авто)трансформаторов	28
1.6.1 Выбор блочных силовых трансформаторов	28
1.6.2 Выбор трехобмоточных автотрансформаторов.....	29
1.7. Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения.....	33
1.7.1 Описание расчетного присоединения	34
1.8 Расчетные условия для выбора проводников и аппаратов по продолжительным режимам работы.	35
1.8.1 Расчетные условия по продолжительным режимам работы.....	36
1.8.2 .Определение расчетных условий по выбору аппаратуры и токоведущих частей по режимам КЗ.....	38
1.8.2.1 Расчет токов трехфазного КЗ ($K_1^{(3)}$) на шине РУ СН аналитически	42
1.8.2.2. Расчет режима однофазного короткого замыкания	45
1.9. Выбор коммутационных аппаратов в цепях расчётного присоединения.....	48
1.9.1 Выбор выключателей:	48
1.9.2 Выбор разъединителей.....	53
1.10. Выбор токоведущих частей	55
1.10.1. Описание токоведущих частей КЭС	56
1.10.2 Выбор пофазно-экранированных токопроводов	56
1.10.3 Выбор и проверка гибких шин и токопроводов	56
1.11 Выбор измерительных трансформаторов тока.....	56
1.11.1 Проверка по вторичной нагрузке.....	62
1.12 Выбор измерительных трансформаторов напряжения.....	63
1.13 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств.....	65

Глава 2. АНАЛИЗ САМОЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД	67
2.2 Выбор трансформаторов собственных нужд.....	71
2.3 Типы и параметры электродвигателей собственных нужд.....	73
2.4 Выбор схемы собственных нужд.....	74
2.5 Расчет установившегося режима	75
2.5.1 Расчет установившегося режима через трансформатор с.н.	75
2.5.2 Расчет установившегося режима через резервный трансформатор с.н.	77
2.6.1 Ввод исходных данных	77
2.7. Проверка самозапуска двигателей собственных нужд.....	82
Глава 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	86
3.1 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации КЭС и выбор площадки строительства	86
3.2 Производственная санитария	91
3.3 Производственное освещение. Нормы освещенности помещений и рабочих мест	92
3.4 Производственный шум и вибрация	93
3.5 Защита от вибрации.....	94
3.6 Поражение человека электрическим током	94
3.7 Электробезопасность	96
3.8 Пожарная безопасность	100
3.9 Охрана окружающей среды.....	101
Глава 4.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	103
4.1 SWOT-анализ	103
4.2 Формирование плана и графика разработки.....	104
4.3 Трудоемкость работ	104
4.4. Формирование бюджета затрат на проектирование	109
4.5. Определение ресурсной эффективности исследования	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	118
Приложение А1 Расчет установившегося режима через трансформатор с.н.	119
Приложение А1	122
Приложение А1.....	122
Приложение А2.2 Подкорректированный расчет	123

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в России более 67 действующих КЭС. На КЭС в основном используется твердое топливо, преимущественно уголь разных видов, как правило в пылевидном состоянии, мазут, газ и т. д. Тепло, которое выделяется при сгорании топлива, передаётся в котельном агрегате (парогенераторе) рабочему телу, как правило - водяному пару. Тепловая энергия пара преобразуется в конденсационной турбине в механическую энергию, а механическая энергия, в свою очередь в электрическом генераторе преобразуется в электрическую энергию. Отработавший пар в турбине конденсируется, полученный конденсат перекачивается сначала конденсатным насосом, а затем питательным насосом в паровой котёл (парогенератор). В современных КЭС основном используются энергоблоки 200 - 800 МВт.

Установленная мощность современных КЭС достигает нескольких миллионов киловатт. На шинах таких электростанций осуществляется связь между несколькими электростанциями, происходит переток мощности из одной части энергосистемы в другую. Все это приводит к тому, что крупные КЭС играют очень ответственную роль в энергосистеме. Применение крупных агрегатов, позволяет обеспечить быстрое наращивание мощностей электростанций, приемлемые себестоимость электроэнергии и стоимость установленного киловатта мощности станции.

В данной дипломной работе произведен расчет электрической части конденсационной электростанции (КЭС) мощностью 560 МВт. На КЭС установлено всего три турбогенератора: два мощностью 200 МВт и один мощностью 160 МВт. Номинальное напряжение распределительных устройств: ОРУ ВН 330 кВ, ОРУ СН 110 кВ.

Глава 4.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 SWOT-анализ

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

По итогам SWOT - анализа составляется матрица стратегических мероприятий, где:

SO – мероприятия, которые необходимо провести, чтобы использовать сильные стороны для увеличения возможностей компании.

WO – мероприятия, которые необходимо провести, преодолевая слабые стороны и используя представленные возможности.

ST – мероприятия, которые используют сильные стороны организации во избежание угроз.

WT – мероприятия, которые минимизируют слабые стороны во избежание угроз.

SWOT – анализ позволяет определить причины эффективной или неэффективной работы компании на рынке, это сжатый анализ маркетинговой информации на основании которого делается вывод о том, в каком направлении организация должна развивать свой бизнес и в конечном итоге определяется распределение ресурсов по сегментам. Результатом анализа является разработка маркетинговой стратегии или гипотезы для дальнейшей проверки. При прочих равных возможностях и ресурсах (а чаще всего исходные ресурсы - деньги), стратегия должна строиться так, чтобы максимально эффективно использовать свои сильные стороны, а также появляющиеся рыночные возможности, компенсировать слабые стороны, избегать или снижать негативное воздействие угроз.

Таблица 50– Матрица SWOT – анализа

	Возможности (О) 1) Рост спроса на электроэнергию 2) Строительство стратегических предприятий, нуждающихся в электроэнергии 3) Отсутствие конкурентов Близкое расположение полезных ископаемых	Угрозы (Т) 1) Негативное влияние на экологию 2) Истощение 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 инвесторов, готовых вкладывать деньги	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

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 49.

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

Таблица 51 – Этапы работ

№	Описание работы	Исполнитель
1	Анализ спроса потребителей на энергетические объекты	РП
2	Подготовка офиса, закупка оборудования, программного обеспечения	И
3	Составление плана расчета и подготовка конструкторских справочных данных	И
4	Предварительные вспомогательные расчеты	РП
5	Моделирование режимов работы	И
6	Расчет электрической части КЭС	И
7	Оптимальный выбор оборудования	И
8	Выбор необходимых защит блока	И
9	Расчет защит	РП
10	Подготовка отчетов и записок по проекту	И
11	Общая проверка расчетов	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.

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

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

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

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, людей.-дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p .

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

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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 30 + 2 \cdot 60}{5} = 42;$$

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{42}{2} = 21.$$

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни, по формуле:

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

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.

Для пятидневной рабочей недели коэффициент календарности:

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

$$T_k = T_p \times k_{\text{кал}} = 21 \times 1,48 = 31,08 \approx 32 \text{ дней.}$$

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарности:

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

$$T_k = T_p \times k_{\text{кал}} = 21 \times 1,22 = 25,62 \approx 26 \text{ дней.}$$

Данные по продолжительности работ сведены в таблицу 52. Длительность работ округляется, если задействована часть следующего дня.

Таблица 52 – 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		$t_{ожі}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Анализ спроса потребителей на энергетические объекты	2		4		3		3		4	
Подготовка офиса, закупка оборудования, программного		5		8		6		6		9
Составление плана расчета и подготовка конструкторских 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		5		8		6		3		5

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

Таблица 53 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				июнь				июль			август			сентябрь
				1-4	5-13	15-19	22-29	30-8	9-17	18-31	1-11	12-18	19-3	4-8
1	Анализ спроса потребителей на энергетические объекты	Руководитель	4											
2	Подготовка офиса, закупка оборудования, программного	Инженер	9											
3	Составление плана расчета и подготовка конструкторских справочных данных	Инженер	5											
4	Предварительные вспомогательные расчеты	Руководитель	9											
5	Моделирование режимов работы	Инженер	8											
6	Расчет электрической части КЭС	Инженер	9											
7	Оптимальный выбор оборудования	Инженер	12											
8	Выбор необходимых защит блока	Инженер	13											
9	Расчет защит	Руководитель	7											
10	Подготовка отчетов и записок по проекту	Инженер	14											
11	Общая проверка расчетов	Инженер	5											

■ – руководитель, ■ – инженер.

4.4. Формирование бюджета затрат на проектирование

Представим расчет материальных затрат в таблице 52.

Таблица 54. 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 НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

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

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

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М=11.2$ месяца, 5-дневная неделя,

при отпуске в 48 раб. дней $М=10.4$ месяца, 6-дневная неделя,

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

Месячный должностной оклад работника:

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

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $З_{\text{тс}}$),

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

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

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

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

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

Пример расчета заработной платы для инженера (пятидневная):

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

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

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

Таблица 55 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _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	28440	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 плату. 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:

$$З_{\text{доп}} = 0.13 \times 50426 = 6555 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$З_{\text{доп}} = 0.13 \times 128600 = 16718 \text{ руб.}$$

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 для высшего образовательного учреждения 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:

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

где $k_{внеб}$ – 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 56).

Таблица 56 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	50426	6555
Инженер	128600	16718
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	15442	
Инженер	39382	

Отчисления во внебюджетные формы составили для руководителя 15442 руб., а для инженера – 39382 руб.

Накладные расходы:

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, 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, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке. Для проектирования необходимо следующее оборудование (выше 40 тыс.руб.):

– компьютер - 50000 рублей

$$C_{\text{ОБОР.}} = 50000 \text{ руб.},$$

Определим сумму амортизационных отчислений:

$$И_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{Г}}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{3}{12} \cdot \frac{1}{3} \cdot 50000 = 3721,5 \text{ руб.},$$

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 5%.

Определение бюджета затрат на проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 57.

Таблица 57 – Расчет бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	3100	1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	179026	59.3
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23273	7.1
4. Отчисления во внебюджетные фонды	54824	18
5. Амортизация	3721,5	0.8
6. Накладные расходы	40221	13.8
7. Бюджет затрат	303566	100

Бюджет затрат проекта составляет 303566 руб. Из этой стоимости основные затраты составляют заработная плата составляет 179026 руб.

4.5. Определение ресурсной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

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

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки,

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы (табл. 58).

Таблица 58 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Вблизи водоема	Исп.2 За городом	Исп.3 В городе
Размещение электростанции по территории	0,1	5	3	4
Маневренные характеристики электростанций	0,111	5	5	3
Выработка электроэнергии	0,15	4	4	3
Технические характеристики	0,139	5	4	5
Транспортировка топлива	0,139	3	4	3
Простота строительства	0,111	4	3	3
Пожаробезопасность	0,139	4	2	4
Простота обслуживания	0,112	4	4	5
ИТОГО	1	4,25	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 302344 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 (4,25).