

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Институт Энергетический институт  
 Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра Электроэнергетических систем

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование основного электрооборудования конденсационной электростанции мощность 420 МВт

УДК 621.311.2.002.5-8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич		

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
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	–		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю. А.	к. т. н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.

Код результата	Результат обучения
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции Профиль «Электрические станции»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы электроэнергетических станций и подстанций с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры электрической станции; оценивать надёжность работы проектируемой станции.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.

Код результата	Результат обучения
P10	Способностью обеспечить соблюдение рассчитанных параметров при строительстве станции, отладке релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке электрической станции и включении её в электроэнергетическую систему.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств на электростанции. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования электростанции.
P15	Способностью к обслуживанию устройств автоматики на электростанциях; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации оборудования энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический  
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроэнергетические системы

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Сулайманов А. О.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич

Тема работы:

Проектирование основного электрооборудования конденсационной электростанции мощность 420 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <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>	Объектом проектирования является КЭС. Исходными данными являются, число и мощность турбогенераторов, нагрузка на РУ ВН и РУ СН, данные по линиям связи энергообъекта с энергосистемой, данные по энергосистеме.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <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>	В ВКР будет спроектирована электрическая часть КЭС мощностью 420 МВт. Дополнительными разделами, подлежащими разработке, являются финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение и социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	1. Структурно-принципиальная схема; 2. Разрез ячейки ОРУ.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	

<i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р.	—		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А3Б	Андрееву Евгению Андреевичу

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 19500 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Дополнительная заработная плата 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений;
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы; - амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений;
2. График Ганта;
3. Бюджет затрат НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич

<b>Институт</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Уровень образования</b>	<b>Направление/специальность</b>
	Бакалавриат		Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является открытое распределительное устройство 110 кВ на КЭС мощностью 420 МВт.</p> <p>На ОРУ возможны возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных факторов производственной среды;</li> <li>– опасных факторов производственной среды;</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду;</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (пожар и взрыв).</li> </ul>
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью;</li> <li>– предлагаемые средства защиты.</li> </ul>	<p>Необходимо проанализировать основные вредные факторы на ОРУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– производственный шум</li> <li>– электромагнитное поле</li> <li>– несоответствие нормам условий микроклимата</li> <li>– освещение</li> </ul>
<p>– 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности;</li> <li>– термические опасности;</li> <li>– электробезопасность</li> </ul>	<p>Необходимо проанализировать основные опасные факторы на ОРУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электрический ток;</li> <li>– механические повреждения.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу;</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу;</li> </ul>	<p>Будут рассмотрены окружающие среды, на которые воздействует ОРУ, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– атмосфера;</li> <li>– литосфера.</li> </ul>

<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> </ul>	<p>Рассматриваются наиболее типичные ЧС, которые могут возникнуть на ОРУ.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные правовые нормы трудового законодательства</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>- Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны, а также правовые вопросы безопасности трудовой деятельности.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Андреев Евгений Андреевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 116 стр., 31 рис., 42 табл., 12 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: конденсационная электрическая станция, трансформатор, автотрансформатор, электрическая схема, генератор, электрическое оборудование.

Объектом исследования является электрооборудование и структурная схема конденсационной электростанции мощностью 420 МВт.

Цель работы заключается в проектировании основного электрического оборудования КЭС.

В процессе исследования проводился выбор основного электрооборудования электростанции и разработка структурной схемы электрических соединений КЭС.

Результатом исследования являются проведенные расчеты, на основе которых выбрано основное электрооборудование КЭС.

Область применения: данная выпускная квалификационная работа может быть использована как основа для рабочего проектирования в целях совершенствования оборудования электрических станций.

Экономическая эффективность/значимость работы данная работа является эффективной с экономической точки зрения и может быть использована в различных научных исследованиях.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

**РУ СН** – распределительное устройство среднего напряжения;

**РУ ВН** – распределительное устройство высокого напряжения;

**АТ** – автотрансформатор;

**ТА** – трансформатор тока;

**ТВ** – трансформатор напряжения;

**G** – генератор;

**с. н.** – собственные нужды;

**ТСН** – трансформатор собственных нужд.

**Конденсационная электростанция** – тепловая электростанция, которая генерирует только электрическую энергию.

**Электрооборудование** – электротехнические устройства, которые предназначены для производства, распределения, преобразования, передачи или потребления электрической энергии.

**Трансформатор** – устройство, понижающее или повышающее напряжение.

**Турбогенератор** – генератор, вырабатывающий электрическую энергию и предназначенный для соединения с паровой турбиной.

**Разъединитель** – коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрических сетей без нагрузки.

**Выключатель** – коммутационный аппарат, предназначенный для оперативного включения и отключения электрооборудования в энергосистеме в нормальных и аварийных режимах.

## ВВЕДЕНИЕ

Конденсационную электрическую станцию относят к тепловой электростанции, которая является наиболее распространенной в России за счет простого технологического процесса при производстве электроэнергии и простоты в эксплуатации. КЭС – это сложный энергетический комплекс, в который входят здания, сооружения, энергетическое и другое оборудование, трубопроводы, контрольно – измерительные приборы и автоматика. Электрическая станция является основным источником электрической энергии, поэтому важно рассмотреть ее принципиальную структуру и устройство.

Актуальность проектирования КЭС заключается в том, что их мощность обычно такова, что может обеспечить электроэнергией крупный район страны, где в большинстве случаев присутствует дефицит электроэнергии. При этом КПД конденсационной электростанции составляет 30 – 40 %. В целях экономии материальных затрат на производство электроэнергии конденсационная электростанция сооружается вблизи мест добычи топлива. На КЭС основным топливом является – каменный уголь. В настоящее время строятся КЭС, которые в качестве топлива используется природный газ. Основное преимущество использования газа это способность его транспортировать на значительное расстояние по газопроводам. Наличие источника водоснабжения – основное условие выбора места строительства КЭС.

Цель работы заключается в проектировании электрической части КЭС. Необходимо выбрать основное электрооборудование и подходящую схему электрических соединений распределительных устройств, спроектировать измерительную подсистему. При этом нужно учитывать экономические показатели в целях экономии ресурсов при эксплуатации электрической станции, также необходимо обеспечить безопасность рабочего персонала и негативное воздействие КЭС на окружающую среду.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При выполнении выпускной квалификационной работы были использованы различные учебные пособия и справочные материалы.

Основные виды электрооборудования и их параметры описаны в справочном материале для курсового и дипломного проектирования Б. Н. Неклепаев и И. П. Крючков.

В качестве вспомогательной литературы для теоретического описания электрооборудования, электрических схем использовалось пособие «Электрооборудование станций и подстанций» Л. Д. Рожкова и В. С. Козулин.

Обязательные требования к измерительным приборам описаны в ПУЭ.

При расчете коротких замыканий в ключевых точках исследуемой электрической схемы руководствовались пособием для расчетов переходных процессов в электроэнергетических системах автора В. И. Готман.

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности (ГОСТ, СанПиН и т. д.).

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был разработан по методическому пособию, написанному авторами И. Г. Видяев, Г. Н. Серикова.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Исходные данные .....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	7
Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КЭС 420 МВт....	8
1.1 Выбор турбогенераторов .....	8
1.2 Баланс мощностей.....	11
1.2.1 Баланс активных мощностей.....	11
1.2.2 Баланс реактивных мощностей.....	12
1.2.3 Баланс полных мощностей.....	13
1.3 Описание структурной схемы электростанции.....	14
1.4 Расчет продолжительных режимов.....	16
1.5 Выбор силовых автотрансформаторов и трансформаторов.....	18
1.5.1 Выбор блочных двухобмоточных трансформаторов .....	18
1.5.2 Выбор автотрансформаторов связи.....	19
1.6 Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения.....	22
1.7 Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей выбранного присоединения .....	25
1.7.1 Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей по продолжительным режимам работы .....	25
1.7.2 Расчетные условия по режимам коротких замыканий.....	27
1.8 Выбор коммутационных аппаратов в цепях расчетного присоединения .	38
1.8.1 Выбор выключателей.....	38
1.8.2 Выбор разъединителей.....	41
1.9 Выбор токоведущих частей цепей расчетного присоединения .....	44
1.9.1 Выбор гибких шин и токопроводов .....	44
1.9.2 Выбор комплектного токопровода для выводов генератора.....	46
1.10 Описание формы оперативного управления электрической частью объекта.....	46
1.11 Проектирование измерительной подсистемы.....	47
1.11.1 Выбор измерительных трансформаторов тока и измерительных приборов.....	47
1.11.2 Выбор измерительных трансформаторов напряжения.....	57
1.12 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств	59

1.13 Проектирование системы электроснабжения собственных нужд.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	62
ИСТОЧНИКИ.....	63
Приложение А Результаты расчётов баланса мощностей с помощью таблиц среды Excel.....	64
Приложение Б Программный расчет продолжительных режимов.....	66

### **Глава 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

При проектировании и строительстве любого объекта необходимо провести экономическую оценку по данному проекту. Нужно определить количество ресурсов для реализации проекта, трудоемкость выполнения работ и другие немаловажные экономические показатели.

Данный раздел посвящен оценке экономической эффективности разработки проекта электрической части КЭС мощностью 420 МВт.

В данном разделе потребуется решить следующие задачи:

- Анализ конкурентных технических решений;
- Планирование и организация научного исследования (НИ);
- Расчёт бюджета НИ.

#### **3.1 Анализ конкурентных технических решений**

Данный раздел будет посвящен детальному анализу конкурирующих поставщиков различного электрооборудования, которые существуют на рынке.

Анализ будет произведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 3.1.

Для анализа выберем блочный силовой трансформатор типа ТДЦ – 125000/110, установленный на ОРУ 110 кВ. На электрической станции повышающий трансформатор является одним из важных устройств, так как с его помощью, возможно, транспортировать электроэнергию на дальние расстояния без существенных потерь. Рассмотрим три производителя, выпускающих такого типа продукцию: АО «Севкавэлектроремонт», ООО «Барнаульский трансформаторный завод», АО «Самарский трансформатор».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [13]:

$$K = \sum B_i \cdot B_j$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_j$  – балл  $i$  – ого показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Изг. 1	Изг. 2	Изг. 3	$K_1$	$K_2$	$K_3$
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Безопасность	0,2	3	5	4	0,6	1	0,8
2. Качество изготовления	0,25	4	4	4	1	1	1
3. Уровень шума	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
4. Простота эксплуатации	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
5. Потери мощности	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
6. Возможности транспортирования	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Сервис	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
2. Конкурентоспособность продукта	0,15	4	3	5	0,6	0,45	0,75
3. Цена	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
4. Срок эксплуатации	0,3	4	5	3	1,2	1,5	0,9
5. Срок окупаемости	0,2	3	4	5	0,6	0,8	1
<b>Итого</b>	<b>1</b>				7,9	8,35	8

Примечание: Изгот.1 – АО «Севкавэлектроремонт», Изгот.2 – ООО «Барнаульский трансформаторный завод», Изгот.3 – АО «Самарский трансформатор».

Из результатов расчетов таблицы 3.1 можно убедиться в том, что продукт фирмы ООО «Барнаульский трансформаторный завод» обладает финансовой эффективностью по сравнению с продуктами конкурентов. Превосходство над конкурентами достигается за счет распространенности рассматриваемого производителя на производственном рынке, так как он пользуется спросом у таких компаний как «ФСК ЕЭС», «РОССЕТИ». Как видно из таблицы 3.1 превосходства удалось достичь за счет безопасности, качества изготовления, сервиса и срока окупаемости.

### **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Данный раздел посвящен составлению перечня работ и этапов в рамках НИ. Также необходимо распределить работы по исполнителям.

Планирование предполагаемых работ можно осуществить в следующем порядке [13]:

- определить структуру работ в рамках научного исследования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения научных исследований.

В таблице 3.2 представлен перечень работ, направленных на выполнение НИ, а также показано распределение работ по участникам проекта.

Таблица 3.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работ	Содержание основных работ	Должность исполнителя
Разработка тематики проекта	1	Назначение и утверждение темы НИ	Руководитель
Подбор и знакомство с литературой	2	Выбор необходимой литературы	Руководитель
	3	Изучение литературы	Инженер
Планирование	4	Составление календарного плана работ	Руководитель, Инженер

Продолжение таблицы 3.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Выполнение расчетной части НИ	5	Расчет баланса мощностей	Инженер
	6	Описание схемы расчетного присоединения	Инженер
	7	Выбор электрооборудования КЭС	Инженер
	8	Проектирование измерительной подсистемы	Инженер
	9	Чертеж схемы ОРУ	Инженер
Разработка экономической части	10	Анализ конкурентных технических решений, определение бюджета НИ	Инженер
Выполнение раздела социальная ответственность	11	Анализ воздействия спроектированной электростанции на окружающую среду	Инженер
Оформление пояснительной записки и чертежей	12	Оформление ПЗ и чертежей	Инженер

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данном подпункте необходимо определить трудоемкость выполнения работ в рамках научного исследования, так как из трудовых затрат формируется основная часть стоимости разработки.

Трудоемкость НИ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для того, чтобы определить среднее значение трудоемкости используют следующую формулу [13]:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: предполагая наиболее благоприятное стечение обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимальная возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: предполагая наиболее неблагоприятное стечение обстоятельств), чел.-дн.

Пример расчета для работы №1 из таблицы 3.2:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел-дн}$$

Продолжительность каждой работы  $T_{pi}$  определяют из ожидаемой трудоемкости работ  $t_{ожі}$ , учитывая работу несколькими исполнителями [13]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где:  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$Ч_i$  – количество исполнителей, которые выполняют одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Пример расчета для работы №1 из таблицы 3.2:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 = 2 \text{ дн}$$

Рассчитанная ожидаемая трудоемкость каждой из работ по проектированию приведена в таблице 3.3.

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Построим график проведения научного исследования в виде графика Ганта, который представляет собой график зависимости работ от времени их выполнения.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни. Для этого нужно воспользоваться следующей формулой [13]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

$T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Пример расчета для работы №1 из таблицы 3.2:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 1,48 \cdot 2 = 2,96 = 3 \text{ дн}$$

Коэффициент календарности определяют по следующей формуле [13]:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 3.3 представлены все расчетные значения.

Таблица 3.3 – Временные показатели проведения НИ

Номер работы из табл. 3.3	Трудоемкость работ						Исполнители		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							
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1	–	1	–	2	–	1,4	–	+	–	2	–	3
2	–	1	–	2	–	1,4	–	+	–	2	–	3
3	2	–	4	–	2,8	–	+	–	3	–	5	–
4	1		2		1,4		+	+	1	1	2	2
5	6	–	10	–	7,6	–	+	–	8	–	12	–
6	4	–	7	–	5,2	–	+	–	6	–	9	–
7	8	–	11	–	9,2	–	+	–	10	–	15	–
8	3	–	5	–	3,8	–	+	–	4	–	6	–
9	4	–	7	–	5,2	–	+	–	6	–	9	–
10	8	–	9	–	8,4	–	+	–	9	–	14	–
11	7	–	8	–	7,4	–	+	–	8	–	12	–
12	3	–	5	–	3,8	–	+	–	4	–	6	–

Примечание: исп. 1 – инженер; исп. 2 – руководитель

В таблице 3.3 отражены количества дней, выраженные в рабочих и календарных днях, отводимых на выполнение различных частей научного исследования. На основе этого составлена таблица 3.4 «Календарный план-график проведения НИ по теме», в которой отражен календарный план работ в виде графика Ганта.

Таблица 3.4– Календарный план – график проведения НИ по теме

№ ра бо т	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль				март			апрель			май
				10-12	13-15	16-20	21-22	23-6	7-15	16-30	31-5	6-14	15-28	29-10
1	Назначение и утверждение темы ВКР	Руководит.	3											
2	Выбор необходимой литературы	Руководит.	3											
3	Изучение литературы	Инженер	5											
4	Составление календарного плана работ	Руков., инж.	2											
5	Расчет баланса мощностей	Инженер	12											
6	Описание схемы расчетного присоединения	Инженер	9											
7	Выбор электрооборудования КЭС	Инженер	15											
8	Проектирование измерительной подсистемы	Инженер	6											
9	Чертеж схемы ОРУ	Инженер	9											
10	Анализ конкурентных технических решений, определение бюджета НТИ	Инженер	14											
11	Анализ воздействия спроектированной электростанции на окружающую среду	Инженер	12											
12	Оформление ПЗ и чертежей	Инженер	6											

–руководитель     – инженер

В подразделе 3.2 было произведено планирование научно исследовательских работ, а именно: определили структуру работ в рамках научного исследования, трудоемкость выполнения работ, разработали график проведения научного исследования. Все это позволило правильно распределить время, необходимое для проведения различных работ в рамках научного исследования.

### **3.3 Бюджет научного исследования (НИ)**

При планировании бюджета НИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

[13]

В статьи затрат входит:

- Заработная плата работников;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- Накладные расходы.
- Амортизация

#### **3.3.1 Основная заработная плата исполнителей работ**

Данная статья отражает размер основной заработной платы инженера и руководителя.

Основная заработная плата (руководителя, инженера) рассчитывается по следующей формуле [13]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, которые выполняются научно-

техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная ЗП определяется по формуле [13]:

$$z_{дн} = \frac{z_m \cdot M}{F_d}$$

где  $z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.

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

при отпуске в 24 раб. 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. дней (таблица 3.5).

Таблица 3.5 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Инженер	Руководитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника [13]:

$$z_m = z_{ТС} \cdot \left( 1 + k_{ПР} + k_{Д} \right) \cdot k_{Р}$$

где  $z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{ПР} = 0,3$  – премиальный коэффициент;

$k_{Д} = 0,2$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{Р} = 1,3$  – районный коэффициент для Томска.

Пример расчета основной заработной платы для руководителя:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{ПП} + k_D) \cdot k_P = 19500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 38025 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{38025 \cdot 11,2}{223} = 1910 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1910 \cdot 5 = 9550 \text{ руб.}$$

Пример расчета основной заработной платы для инженера:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{ПП} + k_D) \cdot k_P = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{223} = 1665 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1665 \cdot 59 = 98235 \text{ руб.}$$

Рассчитанные значения основной заработной платы сведем в таблицу

3.6

Таблица 3.6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$ , руб.	$k_{пп}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	19500	0,3	0,2	1,3	38025	1910	5	9550
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1665	59	98235
Итого								107785

### 3.3.2 Дополнительная заработная плата

За отклонение от нормы условий труда согласно Трудовому кодексу РФ предусматривается выплата дополнительной заработной платы.

Дополнительная заработная плата определяется по формуле [13]:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной ЗП принимается равным 0,15.

Пример расчета дополнительной ЗП для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 9550 = 1433 \text{ руб.}$$

Пример расчета дополнительной ЗП для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 98235 = 14735 \text{ руб.}$$

### 3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [13]:

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

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным 27,1% [13].

Пример расчета для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (9550 + 1433) = 2976 \text{ руб.}$$

Пример расчета для студента:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (98235 + 14735) = 30615 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды сведем в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	9550	1433
Инженер	98235	14735

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого, руб	

Продолжение таблицы 3.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Руководитель	2976
Инженер	30615
	33591

### 3.3.4 Амортизация

В данном разделе рассчитаем амортизацию ноутбука, с помощью которого проводятся работы в рамках научного исследования.

Срок эксплуатации ноутбука принимаем 3 года. Месячная норма амортизации:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%$$

$$K = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%$$

где  $n$  – срок полезного использования, год.

Амортизация ноутбука:

$$A = \frac{K \cdot I}{365} \cdot m$$

$$A = \frac{0,333 \cdot 45}{365} \cdot 59 = 2422 \text{ руб.}$$

где  $I$  – итоговая сумма ( стоимость ноутбука), тысячи рублей ;

$m$  – количество дней использования ноутбука.

В таблице 3.8 представим данные и итог расчета амортизационных отчислений.

Таблица 3.8 – Рассчитанная амортизация ноутбука

Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Общая стоимость изделия, тыс.руб.	Норма амортизации,%	Амортизация, руб
Ноутбук	1	45	33,3	2422

### 3.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Накладные расходы определяются по формуле [13]:

$$Z_{\text{накл}} = CC \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $CC$  – сумма статей;

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

Значение коэффициента накладных расходов принимается равным 16% [13].

$$Z_{\text{накл}} = (107785 + 16168 + 33591 + 2422) \cdot 0,16 = 25595 \text{ руб.}$$

### 3.3.5 Формирование бюджета затрат НИ

Рассчитанная величина затрат научного исследования является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [13].

Определение бюджета затрат на научное исследование по каждому варианту исполнения приведено в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Бюджет затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	% от общей суммы
1. Основная ЗП работников	107785	58,1
2. Дополнительный ЗП	16168	8,7
3. Отчисления во внебюджетные фонды	33591	18,1
4. Амортизация	2422	1,3
5. Накладные расходы	25595	13,8
Бюджет затрат НИ	185561	100

Результатом работы данного раздела является анализ конкурентных технических решений. На основе сравнения трех конкурентных фирм, производящих электрооборудование для энергообъектов, можно сделать вывод о качестве продукции с технической и экономической точки зрения этих фирм. Исходя из этого, выбрали силовой трансформатор, который производит фирма ООО «Барнаульский трансформаторный завод».

Было произведено планирование научно – исследовательских работ, в результате длительность работ для инженера составило 59 рабочих дней, а для руководителя – 5 рабочих дней.

Также был посчитан бюджет научного исследования, общая величина которого составила 185561 руб.

Результатом проделанной работы является научно – технический проект электрической части конденсационной электрической станции мощностью 420 МВт.