

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование основного электрооборудования ТЭЦ мощностью 72 МВт

УДК 621.311.22: 697.34.002.5- 8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Мяси́на Мари́я Алекса́ндровна		

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.		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные</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.
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.

Код результата	Результат обучения
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.
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 автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Сулайманов А.О.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АЗБ	Мякина Мария Александровна

Тема работы:

Проектирование основного электрооборудования ТЭЦ мощностью 72 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2017 г. №497/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017 г.
--	---------------

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику:	01.02.2017 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объектом проектирования является электрическая часть ТЭЦ мощностью 72 МВт. Исходными данными являются структурная схема ТЭЦ, число и мощность турбогенераторов, нагрузки на ГРУ и РУ СН, данные по линиям связи энергообъекта с энергосистемой, данные по энергосистеме, а также суточный график нагрузки силового трансформатора связи.

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; Календарный рейтинг-план; Реферат; Определения Обозначения и сокращения Оглавление; Введение; Раздел 1 – Выбор и проверка основного электрооборудования оборудования ТЭЦ; Раздел 2 – Расчет теплового режима силового трансформатора; Раздел 3 – Социальная ответственность; Раздел 4 – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Заключение; Список литературы; Приложения.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Приложение А - Главная схема электрических соединений ТЭЦ; Приложение Б - Построение графика теплового режима трансформатора; Приложение В - График Ганта
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р.	-		01.02.17 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Мякина Мария Александровна		01.02.17 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3Б	Мясиной Марии Александровне

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады: – руководителя – 17 000 руб. – проектировщика – 14 874,45 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; коэффициент доплат и надбавок 20%; коэффициент дополнительной заработной платы 15%; коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала проекта</i>	Оценка перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета затрат на проектирование</i>	Определение трудоемкости выполнения работ, разработка плана и графика выполнения проекта (графика Ганта). Формирование бюджета затрат на проектирование: материальные затраты, заработная плата (основная и дополнительная), отчисления на социальные цели, накладные расходы, амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности проекта</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта.

Графический материал:

*Показатели оценки качества проекта
Календарный план-график выполнения проект
Бюджет затрат на проектирование*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.02.2017
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Потехина Н.В.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Мясиная Мария Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3Б	Мясиной Марии Александровне

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	Объектом исследования является основное электрооборудование теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). На ТЭЦ возможно возникновение: – вредных факторов производственной среды; – опасных факторов производственной среды; – чрезвычайных ситуаций (пожар и взрыв). Также ТЭЦ оказывает негативное воздействие на окружающую среду.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность <i>1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты.	Необходимо проанализировать основные вредные факторы, связанные с эксплуатацией ТЭЦ: – производственный шум; – производственные вибрации; – электромагнитное поле; – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность.
<i>1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i> – механические опасности; – термические опасности; – электробезопасность	Проанализировать основные опасные факторы, связанные с эксплуатацией ТЭЦ: – поражение электрическим током.
2. Экологическая безопасность: – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу;	Необходимо рассмотреть влияние ТЭЦ на окружающую среду, а именно: – на атмосферу; – на гидросферу; – на литосферу.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	Рассмотреть наиболее вероятные ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации ТЭЦ.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Необходимо рассмотреть правовые вопросы безопасности трудовой деятельности, а также мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.02.2017 г.
---	---------------

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	Мяси́на Мари́я Алекса́ндровна		

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

Институт Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования: бакалавр

Кафедра Электроэнергетических систем

Период выполнения : весенний семестр 2016/2017 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)
16.02.2017 г.	Подбор и изучение материалов, нормативных документов	
10.04.2017 г.	Проектирование электрической части ТЭЦ	
19.04.2017 г.	Разработка главной схемы электрических соединений ТЭЦ в Microsoft Visio	
02.05.2017 г.	Расчет теплового режима трансформатора	
12.05.2017 г.	Социальная ответственность	
16.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
27.05.2017 г.	Составление пояснительной записки	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 145 страниц; 58 рисунков; 55 таблиц; 28 источников; 1 лист графического материала; 3 приложения.

Ключевые слова: теплофикационная электростанция, генератор, короткое замыкание, тепловой режим, трансформатор, генераторное распределительное устройство.

Объектом проектирования является электрическая часть теплофикационной электростанции мощностью 72 МВт.

Цель работы: выбрать основное электрооборудование теплофикационной электростанции мощностью 72 МВт, необходимое для исправной работы и обеспечения потребителей электроэнергией на двух классах напряжения; провести необходимые проверки выбранного оборудования; рассчитать затраты на проектирование; выявить опасные и вредные производственные факторы, а также средства защиты от них и определить предельно допустимые нормы; произвести расчет теплового режима силового трансформатора при заданном суточном графике нагрузки.

Область применения: электроэнергетика.

Выполнение данного проекта и его реализацию можно считать значимыми, так как необходимо вводить новые мощности (строить новые электростанции), поскольку растет спрос на электроэнергию в связи с развитием промышленности и малого бизнеса. ТЭЦ сооружаются в городах, поселках и при крупных промышленных предприятиях, то есть в центре электрических нагрузок, обеспечивают потребителей не только электричеством, но и теплом. В ходе выполнения данного проекта произведен оптимальный выбор электрооборудования ТЭЦ, это позволит заказчику закупить оборудование, необходимое для исправной, надежной, экономичной работы электростанции и обеспечения потребителей электроэнергией.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

электроэнергетическая система: Электрическая часть энергосистемы и питающиеся от неё приёмники электрической энергии, объединённые общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

короткое замыкание: Электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу.

суточный график нагрузки: Диаграмма изменения мощности (тока) электроустановки во времени в течение 24 часов.

продолжительный режим работы электротехнического устройства: Режим, продолжающийся не менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры его частей при неизменной температуре охлаждающей среды. Продолжительный режим работы электротехнического устройства имеет место, когда энергосистема или электроустановка находится в одном из следующих режимов: нормальном, ремонтном, послеаварийном.

нормальный режим: Режим работы электротехнического устройства, при котором значения его параметров не выходят за пределы, допустимые при заданных условиях эксплуатации. Для выбора аппаратов и токоведущих частей следует принимать наибольший ток нормального режима $I_{\text{норм}}$.

ремонтный режим: Режим плановых профилактических и капитальных ремонтов. При выборе аппаратов и токоведущих частей необходимо учитывать повышение нагрузки, из-за отключения части элементов до $I_{\text{рем, макс}}$.

послеаварийный режим: Режим, в котором часть элементов электроустановки вышла из строя или выведена в ремонт вследствие аварийного (непланового) отключения. При этом режиме возможна перегрузка оставшихся в работе элементов электроустановки током $I_{\text{пав, макс}}$.

Обозначения и сокращения

с.н. – собственные нужды;

ЭЭС – электроэнергетическая система;

ТЭС – тепловая электростанция;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ЭДС – электродвижущая сила;

ВН – высокое напряжение;

СН – среднее напряжение;

НН – низкое напряжение;

Г – генератор;

ГРУ – генераторное распределительное устройство;

РУ – распределительное устройство;

Л – линия;

РПН – регулирование под нагрузкой;

КЗ – короткое замыкание;

СШ – сборные шины;

ПБВ – переключение без возбуждения.

Оглавление

Введение	16
1. Выбор и проверка основного электрооборудования ТЭЦ.....	18
Исходные данные.....	18
1.1 Выбор турбогенераторов.....	20
1.2 Описание системы охлаждения генераторов Т-20-2У3	21
1.3 Описание системы охлаждения генератора ТВС-32-У3.....	23
1.4 Описание системы возбуждения генераторов Т-20-2У3.....	24
1.5 Система описание системы возбуждения генератора ТВС-32-У3.....	25
1.6 Баланс мощностей.....	27
1.6.1 Баланс активных мощностей.....	27
1.6.2 Баланс реактивных мощностей	28
1.6.3 Баланс полных мощностей.....	29
1.7 Описание структурной схемы.....	30
1.8 Расчет продолжительных режимов ТЭЦ.....	31
1.9 Выбор силовых трансформаторов связи.....	34
1.10 Выбор секционных реакторов ГРУ.....	37
1.11 Описание расчётного присоединения.....	39
1.12 Определение расчетных условий для заданного присоединения	39
1.12.1 Определение расчетных условий по продолжительным режимам.....	39
1.12.2 Определение расчетных условий по режимам коротких замыканий.....	41
1.13 Выбор коммутационных аппаратов расчетного присоединения	51
1.13.1 Выбор выключателей	51
1.13.2 Выбор разъединителей	57
1.13.3 Выбор линейных реакторов для ГРУ	60
1.14 Выбор токоведущих частей расчетного присоединения	63
1.15 Выбор трансформаторов тока и напряжения.....	70
1.16 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств	75
2. Расчет теплового режима трансформатора ТДТН-63000/110	77
Исходные данные.....	77
2.1 Преобразование заданного суточного графика нагрузки трансформатора в эквивалентный прямоугольный	78
2.2 Построение графика изменения температуры масла и обмотки.....	82
2.3 Расчет износа изоляции.....	88
2.4 Определение допустимых перегрузок.....	89

3. Социальная ответственность.....	91
3.1 Производственная безопасность.....	92
3.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	93
3.1.2 Производственное освещение.....	97
3.1.3 Производственный шум.....	99
3.1.4 Производственная вибрация.....	102
3.1.5 Электромагнитные поля.....	104
3.1.6 Поражение электрическим током.....	107
3.2 Экологическая безопасность.....	110
3.2.1 Влияние на атмосферу.....	110
3.2.1.1 Нормирование атмосферных загрязнений.....	111
3.2.1.2 Методы защиты от выбросов в атмосферу.....	112
3.2.2 Влияние на гидросферу.....	112
3.2.2.1 Нормирование гидросферных загрязнений.....	113
3.2.2.2 Методы защиты от выбросов в гидросферу.....	113
3.2.3 Влияние на литосферу.....	113
3.2.4 Санитарно-защитная зона ТЭЦ.....	114
3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	115
3.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	118
3.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	118
3.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	121
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	122
4.1 Оценка коммерческого потенциала проекта.....	122
4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	123
4.3 Разработка плана и графика выполнения проекта.....	126
4.4 Формирование бюджета затрат на проектирование.....	130
4.5 Расчет материальных затрат.....	131
4.5.1 Основная заработная плата исполнителей.....	131
4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей.....	133
4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды.....	134
4.5.4 Амортизационные отчисления.....	135
4.5.5 Накладные расходы.....	135
4.5.6 Формирование бюджета затрат на проектирование.....	136
4.6 Определение ресурсоэффективности проекта.....	137
Заключение.....	140
Приложение Б.....	142
Приложение В.....	143
Список используемых источников.....	144

Введение

Объектом проектирования является электрическая часть ТЭЦ установленной мощностью 72 МВт.

В данной работе нужно произвести оптимальный выбор основного электрооборудования ТЭЦ мощностью 72 МВт, провести необходимые проверки выбранного оборудования. В результате, это позволит заказчику приобрести оборудование, необходимое для исправной, надежной, экономичной работы электростанции и обеспечения потребителей электроэнергией.

ТЭЦ предназначены для централизованного снабжения промышленных предприятий, городов и поселков электроэнергией и теплом. Они являются тепловыми электростанциями, как и конденсационные электростанции, но отличаются от последних использованием тепла «отработавшего» пара в турбинах для потребностей промышленного производства, а также для отопления и горячего водоснабжения. При такой комбинированной выработке электроэнергии и тепла достигают существенной экономии топлива по сравнению с отдельным энергоснабжением, то есть выработкой электроэнергии на конденсационной электростанции и получением тепла от местных котельных. Поэтому ТЭЦ получили широкое распространение в районах или городах с большим потреблением тепла и электроэнергии (на долю ТЭЦ приходится приблизительно четверть всей вырабатываемой энергии в отечественных энергосистемах). Необходимо вводить новые мощности, поскольку растет спрос на электроэнергию в связи с развитием промышленности и малого бизнеса. То есть выполнение данного проекта и его реализацию можно считать значимыми.

Также в данной работе необходимо рассчитать тепловой режим силового трансформатора. Трансформатор не всегда работает с постоянной нагрузкой. Существует такое понятие как суточный график нагрузки. Трансформатор может работать с перегрузкой как по заданному суточному

графику нагрузки, так и в виду аварий, внеплановых перегрузок. Правило «6-ти градусов» гласит, что при изменении температуры наиболее нагретой точки обмотки на каждые 6°C относительно базовой температуры $\theta_{\text{ННТ.}\delta}$ относительный износ витковой изоляции и соответственно срок службы трансформатора изменяется в 2 раза. Следовательно, вопрос допустимости графика нагрузки весьма актуален. Для трансформатора любой мощности следует знать значение и продолжительность допустимых нагрузок и перегрузок, а также расчетный износ витковой изоляции обмоток при аварийных перегрузках.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела ВКР является определение и оценка конкурентоспособности и ресурсоэффективности проекта, для этого необходимо оценить коммерческий потенциал, определить трудоемкость проводимых работ, построить календарный график проведения работ, рассчитать бюджет затрат, определить интегральный показатель эффективности проекта.

4.1 Оценка коммерческого потенциала проекта

В этом разделе будут рассмотрены показатели оценки перспективности проекта по технологии QuaD. Суть этой технологии заключается в оценке коммерческого потенциала и качества проекта по определенным критериям. Затем делается вывод о том, целесообразно ли вкладывать денежные средства в данный проект или он изначально обречен на неудачу. Для оценки составляется таблица критериев оценки 2.

Таблица 2 – Показатели оценки качества проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1. Энергоэффективность	0,08	60	100	0,60	0,048
2. Помехоустойчивость	0,05	70	100	0,70	0,035
3. Надежность	0,05	60	100	0,60	0,030
4. Унифицированность	0,06	90	100	0,90	0,054
5. Уровень шума	0,06	60	100	0,60	0,036
6. Безопасность	0,10	75	100	0,75	0,075
7. Мощность	0,09	98	100	0,98	0,088
8. Простота эксплуатации	0,08	50	100	0,50	0,040
9. Ремонтопригодность	0,09	80	100	0,80	0,072

Продолжение таблицы 2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
10. Конкурентоспособность	0,05	50	100	0,50	0,025
11. Уровень проникновения на рынок	0,06	40	100	0,40	0,024
12. Цена	0,07	80	100	0,80	0,056
Итого	0,84	813		8,13	0,583

Оценка качества и перспективности проекта по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = 100 \cdot \sum B_i \cdot \sum B_i = 100 \cdot 0,84 \cdot 0,583 = 49,$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности;

B_i – вес критерия (в относительных единицах); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

По значению $П_{\text{ср}}$ можно делать вывод о перспективах разработки проекта. Если значение показателя $П_{\text{ср}}$ получилось от 100 до 80, то такой проект является перспективным. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. В данном случае показатель перспективности равен 49. Следовательно, проект является перспективным, и вложение средств на его реализацию целесообразно.

4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от

множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxі}}{5},$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxі}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Разработкой данного проекта будут заниматься два человека – руководитель (преподаватель) и проектировщик (студент-бакалавр). Обязанности между ними четко разделены. План работ необходим для выполнения проекта в срок, а также для определения начисляемой заработной платы за объем работ, выполненный руководителем и проектировщиком.

Информация о необходимом перечне этапов и работ в рамках разработки проекта, а также о распределении исполнителей по видам работ, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов	Проектировщик
3	Календарное планирование работ	Руководитель
4	Выбор турбогенераторов и расчет баланса мощностей	Проектировщик
5	Расчет продолжительных режимов работы ТЭЦ	Проектировщик
6	Выбор силовых трансформаторов связи	Проектировщик
7	Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей выбранного присоединения	Проектировщик
8	Выбор коммутационных аппаратов, токоведущих частей, измерительных трансформаторов	Проектировщик
9	Выбор и описание схем электрических соединений распределительных устройств	Проектировщик
10	Разработка главной схемы электрических соединений ТЭЦ в Microsoft Visio	Проектировщик
11	Расчет теплового режима силового трансформатора	Проектировщик
12	Обобщение и оценка результатов	Руководитель
13	Социальная ответственность	Проектировщик
14	Финансовый менеджмент	Проектировщик
15	Составление пояснительной записки	Проектировщик

Пример расчета:

- Руководитель – составление и утверждение технического задания:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{C} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дн.}$$

- Проектировщик – подбор, изучение материалов и нормативных документов:

$$t_{ожс} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{ожс}}{Ч} = \frac{3,8}{1} = 3,8 \text{ дн.}$$

4.3 Разработка плана и графика выполнения проекта

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика выполнения проекта в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей 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.

В соответствии с производственным календарем на 2017 год, суммарное количество выходных и праздничных дней в 2017 году составляет при работе по шестидневной рабочей неделе – 66 дней; при работе по пятидневной рабочей неделе – 118 дней.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждому виду работ T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Допускается, что руководитель работает по шестидневной рабочей неделе, а проектировщик – по пятидневной.

Пример расчета:

- Руководитель – составление и утверждение технического задания:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22;$$

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3,42 \approx 3 \text{ дн.}$$

- Проектировщик – подбор и изучение материалов и нормативных документов:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48;$$

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 3,8 \cdot 1,48 = 5,6 \approx 6 \text{ дн.}$$

Полученные результаты сведены в таблицу 3, на основании которой построен календарный план-график (график Ганта), представленный на рисунке 1.

Таблица 3 – Временные показатели выполнения проекта

№ раб.	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					
		Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		3		3	
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		3		3	
2	Подбор, изучение материалов и нормативных документов		3		5		3,8		4		6
3	Календарное планирование работ	2		3		2,4		2		3	
4	Выбор турбогенераторов и расчет баланса мощностей		2		3		2,4		2		4
5	Расчет продолжительных режимов работы ТЭЦ		5		7		5,8		6		9
6	Выбор силовых трансформаторов связи		3		5		3,8		4		6
7	Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей выбранного присоединения		9		11		9,8		10		14

Продолжение таблицы 3

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в кален-дарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
		Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик	Руковод.	Проекти- ровщик
8	Выбор коммутационных аппаратов, токоведущих частей, измерительных трансформаторов		6		9		7,2		7		11
9	Выбор и описание схем электрических соединений распределительных устройств		3		5		3,8		4		6
10	Разработка главной схемы электрических соединений ТЭЦ в Microsoft Visio		5		7		5,8		6		9
11	Расчет теплового режима силового трансформатора		7		9		7,8		8		12
12	Обобщение и оценка результатов	5		7		5,8		6		7	
13	Социальная ответственность		2		4		2,8		3		4
14	Финансовый менеджмент		2		4		2,8		3		4
15	Составление пояснительной записки		6		9		7,2		7		11
Итого	Общее количество дней для выполнения ВКР						календарных		109		
							рабочих		75		
	Общее количество дней, в течение которых работал проектировщик						календарных		96		
							рабочих		64		
	Общее количество дней, в течение которых работал руководитель						календарных		13		
							рабочих		11		

Календарная продолжительность выполнения проекта составит 109 дней. Руководитель при этом задействован в течение 13 календарных дней,

инженер в течение 96 календарных дней. При этом общее количество рабочих дней руководителя составляет 11, инженера – 64. Начало работ запланировано на 8 февраля 2017 г, окончание работ запланировано на 28 мая 2017 г. Реальная продолжительность работ, учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так больше указанной продолжительности (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

По рисунку 1 видно, что проектировщик работает большее количество дней, чем руководитель. Это можно объяснить тем, что цель руководителя – ставить задачи для проектировщика. Также на руководителе лежит ответственность за выполнение проекта. В свою очередь проектировщик должен выполнять работу, не нарушая календарного плана.

4.4 Формирование бюджета затрат на проектирование

В данном разделе будет производиться отражение всех видов расходов, связанных с проектированием. Основными пунктами определения бюджета являются затраты по статьям:

1. материальные затраты;
2. основная заработная плата исполнителей;
3. дополнительная заработная плата исполнителей;
4. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
5. амортизационные отчисления;
6. накладные расходы.

4.5 Расчет материальных затрат

В материальные затраты включается стоимость приобретаемого сырья и материалов, запасные части для ремонта оборудования и другие быстроизнашивающиеся предметы, необходимые для разработки проекта. Все материальные затраты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Материальные затраты

Наименование изделия	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
Карандаши	5	24	120
Ручки	5	40	200
Бумага для печати	3	250	750
Картридж для принтера	1	1000	1000
Итого:			2070

4.5.1 Основная заработная плата исполнителей

Величина основной зарплаты исполнителей определяется на основании трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов, тарифных ставок. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

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

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.
(таблица 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{33150,00 \cdot 10,4}{248} = 1390,16 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{\partial}) \cdot k_p = 17000,00 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150,00 \text{ руб.},$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

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_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней (таблица 5). Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6.

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Проектировщик
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные дни и праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени: отпуск и невыходы по болезни	51	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	219

Таблица 6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	17 000,00	0,3	0,2	1,3	33150,00	1390,16	11	15291,76
Проектировщик	14 874,45	0,3	0,2	1,3	29005,18	1483,37	64	94935,67
Итого:								110227,43

4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей рассчитываются, чтобы учесть величину доплат, предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда; выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Произведем расчет дополнительной заработной платы:

- Для руководителя

$$Z_{доп\ рук} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 15291,76 = 2293,76 \text{ руб.}$$

- Для проектировщика

$$Z_{доп\ пр} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 94935,67 = 14240,35 \text{ руб.,}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

Дополнительная заработная плата всех исполнителей:

$$Z_{доп} = Z_{доп\ рук} + Z_{доп\ пр} = 2293,76 + 14240,35 = 16534,11 \text{ руб.}$$

4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражены обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) согласно установленным законодательством Российской Федерации нормам.

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

- Для руководителя

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (15291,76 + 2293,76) = 4765,68 \text{ руб.}$$

- Для проектировщика

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (94935,67 + 14240,35) = 29586,70 \text{ руб.},$$

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

На основании пункта 1 ст. 58 закона № 212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка на размер страховых взносов – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	15291,76	2293,76
Проектировщик	94935,67	14240,35
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	4765,68	
Проектировщик	29586,70	
Итого	34352,38	

4.5.4 Амортизационные отчисления

Данные отчисления производятся для возмещения износа оборудования, приобретенного университетом для пользования студентами. В данную статью включаются все затраты, не связанные с приобретением специального оборудования необходимого для проведения работ по конкретной теме, причем учитывается только оборудование или программное обеспечение стоимостью от 40 тысяч рублей. Так как стоимость используемого программного обеспечения Microsoft Office менее 40 тыс.руб., то его стоимость не учитываем.

Стоимость учитываемого в данной статье оборудования приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Стоимость оборудования

Наименование	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
Компьютер	1	41 020,59	41 020,59
Итого:			41020,59

В связи с длительностью использования, учитывается данная стоимость с помощью амортизации:

$$A = \frac{C \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{G_{\text{ср.служ.}} \cdot 365} = \frac{41020,59 \cdot 109}{5 \cdot 365} = 2450 \text{ руб.}$$

4.5.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{амор}}) \cdot 0,16 = \\ = (2070 + 110227,43 + 16534,11 + 34352,38 + 2450) \cdot 0,16 = 26501,43 \text{ руб.},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно принять в размере 16%.

4.5.6 Формирование бюджета затрат на проектирование

Рассчитанная величина затрат на проектирование является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается университетом в качестве нижнего предела затрат на разработку проекта.

Определение бюджета затрат на проектирование по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Бюджет затрат на проектирование

Наименование статьи	Сумма, руб.	Процент от общей суммы затрат, %
1. Материальные затраты	2070,00	1,08
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей	110227,43	57,37
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	16534,11	8,61
4. Отчисления во внебюджетные фонды	34352,38	17,88
5. Амортизационные отчисления	2450	1,27
6. Накладные расходы	26501,43	13,79
Бюджет затрат	192135,3	100

4.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность проектирования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Безопасность	0,27	4
2. Надежность	0,23	5
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5
5. Энергоэкономичность	0,15	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,27 \cdot 4 + 0,23 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 4,18.$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно высокий результат (4,18 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.