

**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
<b>Проектирование электрооборудования конденсационной электростанции мощность 530 МВт</b>

УДК – 621.311.2.002.5-8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Ковнер Вячеслав Александрович		

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.
P10	Способностью обеспечить соблюдение рассчитанных параметров при строительстве станции, отладке релейной защиты и противоаварийной

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения</b>
	автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматизирующей 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 автоматизирующей 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 ЭНИН  
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02  
 Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой ЭЭС

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АЗБ	Ковнер Вячеслав Александрович

Тема работы:

Проектирование электрооборудования конденсационной электростанции мощность 530 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Проектирование КЭС мощностью 530 МВт и В качестве исходных данных представлены:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Количество генераторов на станции, их параметры;</li> <li>2. Параметры энергосистемы;</li> <li>3. Параметры нагрузок потребителей;</li> <li>4. Величина резерва</li> <li>5. Состав механизмов собственных нужд</li> </ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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</i></p>	<p>Титульный лист                      Задание                      Реферат                      Введение                      Раздел 1 Проектирование электрической части станции                      Раздел 2 Социальная ответственность                      Раздел 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>

<i>разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Заключение Список литературы Приложения
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ПРИЛОЖЕНИЕ А Главная схема электрических соединений станции 530 МВт
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. п. кафедры ЭЭС	Пономарчук Надежда Рафиковна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Ковнер Вячеслав Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А3Б	Ковнер Вячеславу Александровичу

<b>Институт</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Уровень образования</b>	<b>Направление/специальность</b>
		Бакалавр	Электрические станции

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

<p>Описание рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочая зона электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования. Рабочая зона электромонтера делится на 2 части:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мастерская для ремонта частей электромашин;</li> <li>– другие рабочие зоны (в случае невозможности производства ремонта агрегата в своей мастерской).</li> </ul> <p>В этих зонах 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>
--	--

<p>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>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»; СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»; 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»</p>
--	---

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>Необходимо проанализировать основные вредные факторы на КЭС:</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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- производственный шум (ГОСТ 12.1.003-83);</li> <li>- электромагнитное поле (ГОСТ 12.1.002-84, СанПиН 2.2.4.1191-03);</li> <li>- несоответствие нормам условий микроклимата.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</li> <li>- механические опасности;</li> <li>- термические опасности;</li> <li>- электробезопасность</li> </ul>	<p>Необходимо проанализировать основные опасные факторы на КЭС:</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 гидросферу;</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу;</li> </ul>	<p>Будут рассмотрены окружающие среды, на которые воздействует КЭС, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- атмосфера;</li> <li>- гидросфера;</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>К чрезвычайным ситуациям на КЭС можно отнести пожары и взрывы; поэтому в данном разделе будет рассмотрена пожаровзрывобезопасность.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Необходимо рассмотреть мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Ковнер Вячеслав Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3Б	Ковнер Вячеславу Александровичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Электрические станции

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 19500 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 33,3%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды -27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Ганта

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3Б	Ковнер Вячеслав Александрович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 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 530 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.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СТАНЦИИ.....	10
1.1 Выбор электрической схемы станции.....	10
1.2 Исходные данные.....	12
1.3 Выбор турбогенераторов.....	13
1.4 Баланс мощностей.....	19
1.4.1 Аналитический расчёт баланса мощностей.....	19
1.4.2 Расчёт перетоков мощности.....	22
1.5 Выбор силовых (авто)трансформаторов.....	23
1.5.1 Выбор блочных силовых трансформаторов.....	23
1.5.2 Выбор трехобмоточных автотрансформаторов.....	24
1.5.3 Основные каталожные параметры выбираемых трансформаторов.....	25
1.6. Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения.....	27
1.6.1 Описание расчетного присоединения.....	28
1.7 Проектирование системы электроснабжения собственных нужд.....	30
1.8 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств.....	33
1.9 Расчетные условия для выбора проводников и аппаратов по продолжительным режимам работы.....	35
1.9.1 Расчетные условия по продолжительным режимам работы.....	35
1.9.2 Определение расчетных условий по выбору аппаратуры и токоведущих частей по режимам КЗ.....	36
1.9.2.1 Расчет параметров схемы замещения.....	39
1.9.2.2 Расчет режима трехфазного КЗ для точки К1(3) (РУ СН 110 кВ).....	42
1.9.2.3 Расчет режима трехфазного КЗ для точки К2(3) (выводы генератора G3).....	45
1.9.2.4 Расчет режима однофазного короткого замыкания.....	46
1.10. Выбор коммутационных аппаратов в цепях расчётного присоединения.....	52
1.10.1 Выбор выключателей.....	52
1.10.2 Выбор разъединителей.....	56
1.11. Выбор токоведущих частей.....	58
1.11.1. Описание токоведущих частей КЭС.....	58
1.11.2 Выбор и проверка гибких шин и токопроводов.....	59
1.11.3 Выбор пофазно-экранированных токопроводов.....	60
1.12 Выбор измерительных трансформаторов тока.....	61
1.12.1 Проверка по вторичной нагрузке.....	64
1.13 Выбор измерительных трансформаторов напряжения.....	65
Глава 2. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	67
2.1 Производственная безопасность.....	68

2.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	69
2.1.1.1 Электростатическое поле.....	69
2.1.1.2 Постоянное магнитное поле.....	69
2.1.1.3 Электрическое поле промышленной частоты.....	70
2.1.1.4 Магнитное поле промышленной частоты .....	71
2.1.1.5 Предлагаемые средства защиты.....	71
2.1.1.6 Шум и вибрация.....	72
2.1.1.8 Микроклимат .....	76
2.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	77
2.1.2.1 Электроопасность.....	77
2.1.2.4 Наличие вращающихся механизмов.....	81
2.2 Экологическая безопасность.....	81
2.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
2.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	86
Глава 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	89
3.1 Анализ конкурентоспособности оборудования .....	89
3.2 Формирование плана и графика разработки.....	90
3.3 Трудоемкость работ.....	91
3.4. Формирование бюджета затрат на проектирование.....	98
3.5. Определение ресурсной эффективности исследования .....	104
Заключение .....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	107

## **Введение**

Электростанциями называют предприятия или установки, предназначенные для производства электрической энергии. В данной работе рассматривается электростанция типа КЭС. Проектирование такой электростанции является довольно актуальным вопросом, так как порядка 25% вырабатываемой электроэнергии в России производится на КЭС. Потребление электрической энергии увеличивается с каждым годом, поэтому необходимость в строительстве новых электростанций растёт. Однако, прежде чем соорудить электростанцию, необходимо грамотно спроектировать ее, чтобы станция отвечала всем требованиям и выполняла возложенные на нее обязательства.

Конденсационная электрическая станция является сложнейшим энергетическим комплексом, который состоит из сооружений, большого количества электроэнергетического оборудования, системы водоснабжения, системы химической очистки воды, паротурбинных, котельных установок и другого.

Но в этой работе будет рассмотрена лишь электрическая часть. В процессе выполнения работы необходимо произвести расчет баланса мощностей, выбрать блочные трансформаторы и трансформаторы собственных нужд, выбрать генераторы, а также электрическую схему, выбрать коммутационные аппараты, а также контрольно-измерительное оборудование.

На основании вышеперечисленных работ, а также экономического расчета сделаем вывод о целесообразности данного проекта, то есть определим его экономическую эффективность. Также необходимо оценить степень влияния электростанции на окружающую среду и опасности для человека.

## 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.

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

### **3.1 Анализ конкурентоспособности оборудования**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является расчет экономических показателей, которые позволят оценить проект с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Конкурентный анализ является важнейшим моментом при проектировании. Он позволяет выбрать наиболее подходящее оборудование для увеличения эффективности и уменьшения затрат.

В качестве примера приведем анализ конкурентных технических решений турбогенератора. В расчетном присоединении, выбранном ранее, используется турбогенератор ТВФ-110-2ЕУЗ. Анализ будет представлен в виде оценочной карты, приведенной в таблице 4.1. При сравнении рассмотрим трёх производителей данного типа турбогенераторов из России.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

$$K = \sum B_i \cdot B_i;$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Производители: ОАО «Силовые машины», ОАО «Элсиб» и «Элмаш-М».

Таблица 54 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Элсиб	Силовые Машины	Элмаш -М	КЭ	КС.М.	КЭ-М
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Надежность	0,17	4	4	4	0,68	0,68	0,68
2. КПД	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3. Безопасность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
4. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Уровень шума	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Доставка	0,15	5	5	3	0,25	0,25	0,15
2. Срок выхода на рынок	0,01	4	4	2	0,04	0,04	0,02
3. Сервис	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
4. Цена	0,2	5	5	4	1	1	0,8
5. Срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>3,95</b>	<b>4,05</b>	<b>3,78</b>

По результатам анализа можно сделать вывод, что приобретение турбогенератора ТВФ- 110-2ЕУЗ фирмы ОАО «Силовые машины» является наиболее выгодным. Эта компания существует с 1898 г. (ранее завод назывался «Электросила»); она имеет большой опыт, гарантию качества. Продукция одобрена в различных отраслях промышленности. Компания также предоставляет хороший сервис.

### 3.2 Формирование плана и графика разработки

Формирование плана и графика разработки необходимо для своевременного выполнения проекта. Необходимо сформировать рабочую группу и разработать план. Рабочая группа состоит из руководителя и проектировщика. Этапы работ могут выполняться как одним, так и двумя исполнителями. Этапы работ представлены в таблице 55.

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

Таблица 55 – Этапы работ

№	Описание работы	Исполнитель
1	Составление и утверждение технического задания	Р, П
2	Подготовка рабочих мест, установка программного обеспечения	П
3	Составление плана расчета и подготовка конструкторской литературы	Р, П
4	Предварительные вспомогательные расчеты	П
5	Моделирование режимов работы	П
6	Расчет электрической части КЭС	П
7	Оптимальный выбор силового оборудования	Р, П
8	Оптимальный выбор коммутационного оборудования	П
9	Проектирование измерительной подсистемы	П
10	Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами	Р, П
11	Подготовка отчетов и записок по проекту	П

### 3.3 Трудоемкость работ

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

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

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

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

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

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

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

где  $T_{pi}$  – 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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 15}{5} = 12,$$

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{12}{1} = 12.$$

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

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

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

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году,

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году,

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Пример расчета (для выполнения работы №6):

Руководитель и проектировщик работают по шестидневной рабочей неделе.

Для шестидневной рабочей недели коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 65} = 1.216 \approx 1.22$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 12 \cdot 1,22 = 14,64 \approx 15 \text{ дней.}$$

Данные по продолжительности работ сведены в таблицу 56.

Таблица 56 – 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	Проектировщик	Руководитель	Проектировщик	Руководитель	Проектировщик	Руководитель	Проектировщик	Руководитель	Проектировщик
Составление и утверждение технического задания	3		5		4		2		3	
Подготовка рабочих мест, установка программного обеспечения		5		8		6		6		8
Составление плана расчета и подготовка конструкторской литературы и справочных данных	3		4		3		2		3	
Предварительные вспомогательные расчеты		8		14		10		10		13
Моделирование режимов работы		8		14		10		10		13
Расчет электрической части КЭС		10		15		12		12		15
Оптимальный выбор силового оборудования	7		10		8		4		5	
Оптимальный выбор коммутационного оборудования		6		10		8		8		10
Проектирование измерительной подсистемы		6		13		9		9		11
Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами	10		13		11		6		8	
Подготовка отчетов и записок по проекту		3		4		3		3		4

По таблице 56 можем наблюдать временные показатели проведения научного исследования. Длительность работы руководителя в рабочих днях составляет 14 дней, длительность работы проектировщика в рабочих днях 72.

По данной таблице построим календарный план (Диаграмму Ганта).

Таблица 57 – График проведения НИ

№ работ	Вид работ	Исполнитель и	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль				март			апрель			май
				1-3	3-10	11-13	14-26	27-11	12-26	27-31	1-10	11-21	22-29	30-3
1	Составление и утверждение технического задания	Р, П	3	■										
2	Подготовка рабочих мест, установка программного обеспечения	П	8		■									
3	Составление плана расчета и подготовка конструкторской литературы и справочных данных	Р, П	3			■								
4	Предварительные вспомогательные расчеты	П	13				■							
5	Моделирование режимов работы	П	13					■						
6	Расчет электрической части КЭС	П	15						■					
7	Оптимальный выбор силового оборудования	Р, П	5							■				
8	Оптимальный выбор коммутационного оборуд.	П	10								■			
9	Проектирование измерительной подсистемы	П	11									■		
10	Общая проверка расчетов и других данных	Р, П	8										■	
11	Подготовка отчетов и записок по проекту	П	4											■

■ – руководитель, ■ – проектировщик

### 3.4. Формирование бюджета затрат на проектирование

В данном разделе приведен расчет затрат проекта, это будет является основой для формирования бюджета проекта. При формировании бюджета обеспечивается отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Представим расчет материальных затрат в таблице 58.

Таблица – 58 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З <sub>м</sub> ), 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 НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где,  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (Таблица 59)

Таблица 59– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p,$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5

(в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер

обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ ),

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1.3 (для Томска).

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

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = \\ = 19500 \cdot (1 + 0.3 + 0.5) \cdot 1.3 = 45630 \text{ руб.},$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{45630 \cdot 10,4}{237} = 2002 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2002 \cdot 14 = 28028 \text{ руб.}$$

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

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = \\ = 17000 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 33150 \text{ руб.},$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 10,4}{237} = 1455 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1455 \cdot 72 = 104760 \text{ руб.}$$

Таблица 59 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	19500	0.3	0.5	1.3	45630	2002	14	3363	28028
Проектировщик	17000	0.3	0.2	1.3	33150	1455	72	12571	104760
Итого								15934	132788

Основная заработная плата в итоге получилась 132788 руб., что занимает основную часть бюджета затрат проекта.

Кроме основной заработной платы необходимо выплачивать дополнительную. Дополнительной заработной платой называют плату,

начисленную рабочим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих и служащих, льготных часов, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, и др. Дополнительная заработная плата учитывается так же, как и основная, и включается в фонд заработной платы предприятия.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где,  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0.12).

Дополнительная заработная плата для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 28028 = 3363 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 0.12 \cdot 104760 = 12571 \text{ руб.}$$

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 2017 году составляют в ПФР — 22% (с выплат свыше 711 000 руб. – 10%), в ФФОМС — 5,1%. Общий платёж составляет 27.1%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 27.1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (таблица 60).

Таблица 60 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	28028	3363
Инженер	104760	12571
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>		
Руководитель	8507	
Инженер	31797	

Отчисления во внебюджетные формы составили для руководителя 8507 руб., а для инженера – 31797 руб.

Рассчитаем амортизацию отчислений. Амортизация рассчитывается только на оборудование выше 40 000 руб.

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. Для проектирования необходимы следующее оборудование:

– компьютер - 48000 рублей

$$C_{\text{ОБОР}} = 48000 \text{ руб.},$$

Определим сумму амортизационных отчислений:

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

где,  $T_{исп}$  - время использования оборудования = 3 месяца,

$T_{Г}$  - количество использования в год = 12 месяцев,

$C_{обор}$  - стоимость оборудования,

$T_{сл}$  - срок службы оборудования = 3 лет,

Годовая норма амортизации составляет 33%.

Накладные расходы:

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы:

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (Z_{\text{мат.затр}} + Z_{\text{осн.зп}} + Z_{\text{доп.зп}} + Z_{\text{внеб.фонд}} + Z_{\text{аморт.}}) \cdot k_{нр} = \\ &= (3100 + 132788 + 15934 + 40304 + 4000) \cdot 0,16 = 30804, \end{aligned}$$

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 70.

Таблица – 70. Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	3100	1,36
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	132788	58,5
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15934	7,02
4. Отчисления во внебюджетные фонды	40304	17,8
5. Амортизация	4000	1,76
6. Накладные расходы	30804	13,6
7. Бюджет затрат НТИ	226930	100

Бюджет затрат НТИ составляет 226930 руб. Из этой стоимости основные затраты составляют заработная плата 148722 руб.

### 3.5. Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

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

Таблица 62 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

В результате выполнения заданий данного раздела был сделан анализ конкурентной способности оборудования, на примере турбогенератора. В результате которого был выбран наиболее подходящий вариант завода изготовителя турбогенератора.

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 рабочих днях для руководителя составляет 14 дней, а для инженера 72 дня.

Были рассчитаны все затраты проекта, а также общий бюджет. Бюджет затрат составил 226930 руб.

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

Результатом проделанной работы является разработка проекта электрической части конденсационной электростанции мощностью 530 МВт, которая соответствует требованиям настоящего времени, имеет в своем составе новейшее оборудование, а также состоятельна с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.