

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

Институт: Энергетический
Специальность: 141403 Атомные электрические станции и установки
Кафедра: Атомных и тепловых электростанций

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕПАРАТОРА-ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС

УДК 621.311.25:621.039.002.5.001.6-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Останин Павел Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры АТЭС	Воробьев А.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	С.И. Сергейчик	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н., доцент		

По разделу «Автоматизация технологических процессов и производств»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры автоматизации технологических процессов	В.С. Андык	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры АТЭС	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	А.С. Матвеев	к.т.н., доцент		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, специализация подготовки «Проектирование и эксплуатация атомных станций»

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	Универсальные компетенции	
P1	Использовать методологические основы современной картины мира для научного познания и творчества, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК- 1, ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Анализировать социально-значимые процессы и явления, экономические проблемы и общественные процессы, ответственно участвовать в общественно-политической жизни, применять методы социального взаимодействия на основе принятых моральных и правовых норм	Требования ФГОС (ОК-2, 5, 9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и публично защищать результаты, владеть методами пропаганды научных достижений	Требования ФГОС (ОК-3 – 5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Использовать системный подход в профессиональной деятельности, ставить цели и выбирать пути их достижения, обобщать, анализировать, критически осмысливать, систематизировать	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию, развитию социальных и профессиональных компетенций, использовать полученные знания для обучения и воспитания новых кадров	Требования ФГОС (ОК-7 ПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код Ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р6	К достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности и должного уровня безопасности жизнедеятельности, в том числе, защиты персонала и населения от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Требования ФГОС (ОК-8; ОПК-1, ПК-7, 19), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе, многонациональном, принимать ответственность за свои решения, в том числе, нестандартные, управлять коллективом, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях	Требования ФГОС (ОК-10, 13, 14, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп.2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Использовать информационные технологии для работы с информацией, управления ею и создания новой информации; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, осознавать и соблюдать основные требования информационной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ПК-2, 6, 13, 26, ПСК-1.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
	Профессиональные компетенции	
Р9	Понимать значимость своей специальности, стремиться к ответственному отношению к своей трудовой деятельности, демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р10	Использовать глубокие математические, естественнонаучные знания в профессиональной деятельности с применением математического моделирования объектов и процессов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р11	Проводить <i>инновационные</i> научные исследования систем и оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-5, 9, 14, 15, 16), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями

Код Ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Анализировать и использовать научно-техническую информацию, формулировать цели проекта, ставить и решать инновационные задачи <i>комплексного</i> инженерного анализа в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-12; 17, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок, готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений, выполнять <i>инновационные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	Требования ФГОС (ПК-20, 21, 23 – 25, ПСК-1.5, 1.6, 1.8, 1.10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы в области проектирования АС	Требования ФГОС (ПК-22), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P16	Анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты, проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стационарных и нестационарных режимах работы	Требования ФГОС (ПК-27, 28, ПСК-1.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код Ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
P17	Делать оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами	Требования ФГОС (ПК-29), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P18	Применять основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности, выполнять типовые операции по управлению реактором и энергоблоком на функционально-аналитическом тренажере	Требования ФГОС (ПК- 28, 10, 11, , ПСК-1.14, 1.15), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P19	Анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования АС применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АС	Требования ФГОС (ПК-13,14), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P20	Осуществлять и анализировать технологическую деятельность как объект управления, организовывать рабочие места, обеспечивать их техническое оснащение, размещать технологическое оборудование, контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживать технологическое оборудование, исследовать причины его неисправностей, принимать меры по их устранению	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P21	Составлять техническую документацию и организовывать экспертизу технической документации, составлять установленную отчетность по утвержденным формам, управлять малыми коллективами исполнителей, планировать работу персонала и фонды оплаты труда	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (пп. 2.2, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P22	Выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов ядерных энергетических установок, проводить анализ	Требования ФГОС (ПСК-1.11), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями

Код Ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	производственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P23	Составлять и использовать тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов ядерно-энергетических и тепломеханических установок различных типов АС, готовить исходные данные для расчета тепловых схем	Требования ФГОС (ПСК-1.1, 1.3, 1.7), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P24	Проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	Требования ФГОС (ПСК-1.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P25	Применять на практике принципы организации эксплуатации современного оборудования и приборов АС, понимать принципиальные особенности стационарных и переходных режимов реакторных установок и энергоблоков и причины накладываемых ограничений при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	Требования ФГОС (ПК-8, ПСК-1.12, 1.13), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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



Институт: Энергетический
 Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
 Кафедра: Атомных и тепловых электростанций

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
 А.С. Матвеев

 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

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

Студенту:

Группа	ФИО
5011	Останину Павлу Дмитриевичу

Тема работы:

**ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕПАРАТОРА-ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ
 ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ АЭС**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.12.2016 г. №10967
---	-----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23 января 2017 г.
--	--------------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект проектирования – Сепаратор-пароперегреватель паротурбинной установки Ленинградской АЭС. Режим работы – непрерывный. Исходные данные для расчета – Основные технические характеристики СПП-500-1, характеристики сепаратора «Powervane». Прототип– СПП-500-1.</p>
<p>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</i></p>	<p>1. Сформулировать цели и задачи проектирования. 2. Представить принципиальную тепловую схему турбоустановки, описание и принцип работы сепаратора-пароперегревателя, технические характеристики СПП-500-1 и сепаратора «Powervane». 3. Произвести расчёт принципиальной тепловой схемы на номинальный и ухудшенный режимы работы. Определить расход пара на турбину и в</p>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<p>отборы, рассчитать показатели тепловой экономичности.</p> <p>4. Выполнить конструкторский тепловой расчёт первой и второй ступени пароперегревателя.</p> <p>5. Определить экономические затраты на модернизацию сепаратора-пароперегревателя.</p> <p>6. Проанализировать рабочие места в турбинном цехе на предмет выявления основных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на персонал и природную среду.</p> <p>7. Сформулировать основные выводы работы.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Развёрнутая тепловая схема турбоустановки К-500-65/3000 - 1 л. формата А1</p> <p>2. Сепаратор-пароперегреватель СПП-500-1. Сборочный чертеж - 3 л. формата А1</p> <p>3. Компоновка машинного зала Ленинградской АЭС - 1 л. формата А1</p> <p>4. Функциональная схема системы теплотехнического контроля сепаратора-пароперегревателя - 1 л. формата А2</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
<p>1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	Сергейчик С.И., доцент кафедры менеджмента
<p>2. Социальная ответственность</p>	Амелькович Ю.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
<p>3. Автоматизация технологических процессов</p>	Андык В.С., доцент кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22 июня 2016 г.
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры АТЭС	В.А. Воробьев	к.т.н., доцент		22.06.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Останин Павел Дмитриевич		22.06.2016

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

Студенту:

Группа	ФИО
5011	Останину Павлу Дмитриевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Атомные и тепловые электростанции
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических и человеческих</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>2. Расходование ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>3. Ставка дисконтирования</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности замены отечественного сепаратора на сепаратор «Powervane» фирмы «Balke Durr».</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет капитальных затрат на замену сепаратора.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет чистого приведенного дохода, срока окупаемости, индекса рентабельности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10 октября 2016
--	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	С.И. Сергейчик	к.т.н., доцент		10.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Останин Павел Дмитриевич		10.10.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5011	Останину Павлу Дмитриевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Атомные и тепловые электростанции
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования: СПП-500-1.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем - индивидуальные защитные средства). <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты). 	<p><i>Производственная безопасность.</i></p> <p><i>Вредные факторы производственной деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - освещение; - микроклимат; - шум и вибрация; - электромагнитное излучение. <p><i>Опасные факторы производственной деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток; - пожарная опасность; - Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.
<p>2. Экологическая безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Экологическая безопасность:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - радиационное загрязнение; - химическое воздействие; - тепловое воздействие; - электромагнитное воздействие.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; 	<p><i>Воздействия на АЭС:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - сейсмическое воздействие; - падение самолета; - летящие предметы; - затопление.

- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	– Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны на БЩУ
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10 октября 2016
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н., доцент		10.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5011	Останин Павел Дмитриевич		10.10.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 страницы, 19 рисунков, 16 таблиц, 2 приложения, 26 источников.

Ключевые слова: сепаратор-пароперегреватель, сепарационные блоки, модернизация, жалюзийные блоки.

Объектом исследования являются внешние сепараторы ПТУ АЭС.

Цель работы – оценка эффективности замены отечественного сепаратора на сепаратор «Powervane» фирмы «Balke Durg»..

В процессе работы проводился расчёт принципиальной схемы ПТУ, тепловой расчёт пароперегревательной части, а также оценка экономического эффекта от модернизации.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: снижение влажности после сепаратора, увеличение температуры пара перед ЦНД, повышение КПД турбоустановки по выработке электроэнергии, увеличение мощности ПТУ.

Модернизация может производиться на действующих энергоблоках, в период планового ремонта.

Экономическая эффективность модернизации, обусловлена повышением мощности ПТУ, а так же уменьшением издержек на топливо.

					ФЮРА 693460.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		12

ВВЕДЕНИЕ

Паротурбинные установки (ПТУ) тепловых электростанций являются сложнейшими системами, состоящими из большого количества элементов. Значительное место в составе таких систем занимают теплообменные аппараты — металлоемкое, крупногабаритное и дорогостоящее оборудование, усовершенствование характеристик которого способно увеличить КПД ПТУ. Сепараторы-пароперегреватели, конденсаторы, подогреватели низкого и высокого давления, подогреватели сетевой воды принадлежат к числу особо ответственных и крупных аппаратов, предопределяющий эффективность и надежность работы турбоустановок. Поддержание эффективности теплообменных аппаратов ПТУ возмещается в минимальные сроки и дает существенный экономический эффект.

Принимая во внимание значимость и важность эффективности и надежности работы теплообменных аппаратов в надежности и эффективности работы всей паротурбинной установки, вопросам их расчета, проектирования и эксплуатации нужно уделять достаточное внимание. Усовершенствование теплообменных аппаратов должно либо экономить топливо при эксплуатации, либо сократить расход материалов для создаваемых вновь аппаратов.

Цель работы заключается в обосновании эффективности модернизации сепарационной части в сепараторах-пароперегревателях турбоустановки К-500-65/3000.

					ФЮРА 693460.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		15

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является определение экономического эффекта от замены отечественного сепаратора в сепараторе-пароперегревателе на сепаратор «Powervane» фирмы «Balke Durr».

Как отмечалось ранее, при модернизации сепарационной части сепаратора-пароперегревателя происходит уменьшение влажности на выходе из сепаратора. Как следствие, увеличивается температура пара на входе в часть низкого давления турбины, уменьшается расход греющего пара на первую и вторую ступень пароперегревателя. Можно выделить следующие экономические эффекты от данной модернизации:

1) Уменьшается вероятность выхода из строя модулей пароперегревателей из-за проноса влаги из сепарационной в пароперегревательную часть;

2) Увеличивается электрическая мощность турбоустановки в следствии увеличения располагаемого теплоперепада в части низкого давления турбины, а так же увеличения расхода пара через проточную часть турбины.

3) Уменьшается расход ядерного горючего из-за увеличения КПД турбоустановки, а следовательно и КПД блока станции.

7.1 Планирование капиталовложений в модернизацию сепаратора

По имеющимся данным, стоимость изготовления и доставки сепараторов «Powervane» для одного энергоблока АЭС с реактором РБМК-1000 (на примере 3-го энергоблока ЛАЭС) составляет:

$$C_{\text{Сеп}} = 160 \text{ млн.руб.}$$

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Стоимость лома нержавеющей стали, из которой изготовлены старые сепараторы:

$$C_{\text{лом.кг}} = 54 \frac{\text{р}}{\text{кг}}$$

Масса одного сепаратора 13 тонн. В одном энергоблоке РБМК-1000 находится четыре сепаратора.

Тогда, полная стоимость лома нержавеющей стали, из которой изготовлены старые сепараторы:

$$C_{\text{лом}} = M_{\text{сеп}} \cdot C_{\text{лом.кг}} = 4 \cdot 13000 \cdot 54 = 2,8 \text{ млн.руб.}$$

Стоимость выполнения тепломонтажных работ по замене старых сепараторов на новые, составляет:

$$C_{\text{раб}} = 12 \text{ млн.руб.}$$

Зная стоимость сепаратора, стоимость по его замене и цену демонтируемого сепаратора, можно рассчитать капиталовложения на данную модернизацию:

$$K = C_{\text{сеп}} + C_{\text{раб}} - C_{\text{лом}} = 160 + 12 - 2,8 = 169,2 \text{ млн.руб.}$$

7.2 Определение годового расхода ядерного горючего

Годовой расход ядерного горючего:

$$B_{\text{год}} = \frac{Q_p \cdot 365 \cdot K_y}{\bar{B}},$$

где Q_p - тепловая мощность реактора, МВт;

$K_y = \frac{h_y}{8670}$ - коэффициент использования установленной мощности АЭС;

h_y - число часов установленной мощности (для АЭС принимается равным 6000-7000 часов в год);

\bar{B} - средняя глубина выгорания ядерного горючего, $\frac{\text{МВт} \cdot \text{сут}}{\text{т}}$.

					ФЮРА 693460.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		62

Для реактора типа РБМК-1000 примем:

$$\bar{B} = 20000 \frac{\text{МВт} \cdot \text{сут.}}{\text{т}}$$

Ранее уже рассчитывалось, что КПД блока по отпуску электроэнергии при ухудшенных параметрах пара составляет 29,8%, а КПД блока с нормальными параметрами составляет 30,1%.

Для блока при ухудшенных параметрах пара:

$$B_{\text{год}}^{\text{СТ}} = \frac{Q_p \cdot 365 \cdot K_y}{\bar{B}} = \frac{1000}{0,298} \cdot 365 \cdot \frac{6500}{8670} = 45,914 \text{ т.}$$

Для блока при нормальных параметрах пара:

$$B_{\text{год}}^{\text{НОВ}} = \frac{Q_p \cdot 365 \cdot K_y}{\bar{B}} = \frac{1000}{0,301} \cdot 365 \cdot \frac{6500}{8670} = 45,456 \text{ т.}$$

Очевидно, что после проведения модернизации увеличивается экономичность блока по производству электроэнергии, уменьшается годовой расход ядерного горючего.

7.3 Оценка стоимости ядерного топлива, издержек на топливо и экономии на топливо

Затраты на ядерное топливо рассчитывается исходя из установленной цены на ТВС со свежим топливом и расходов по переработке отработанного топлива. В издержки на топливо также включают расходы по выдержке отработанного топлива в бассейнах. Тогда удельная стоимость ядерного топлива определяется:

$$\bar{Y}_T = \bar{Y}_{\text{исх.пр.}} + \bar{Y}_{\text{об}} + \bar{Y}_{\text{изг}} + \bar{Y}_{\text{тр}} + \bar{Y}_{\text{выд}} = 125 + 700 + 100 + 3 + 25 = 953 \frac{\text{ДОЛ}}{\text{КГ}},$$

где $\bar{Y}_{\text{исх.пр.}}$ – удельная стоимость исходного продукта (природного урана);

$\bar{Y}_{\text{об}}$ – удельная стоимость обогащенного урана;

$\bar{Y}_{\text{изг}}$ – удельная стоимость изготовления ТВС, включая стоимость КМ;

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

\bar{I}_{mp} – удельная стоимость транспортировки ТВС к АЭС;

$\bar{I}_{выо}$ – удельная стоимость выдержки отработанного топлива в бассейне АЭС.

Годовые издержки на ядерное горючее для АЭС можно представить в виде:

$$I_T = \bar{I}_T \cdot V_{год}.$$

Найдём годовые издержки на ядерное горючее для блока при ухудшенных параметрах пара:

$$I_T^{CT} = \bar{I}_T \cdot V_{год}^{CT} = 953 \cdot 45,305 \cdot 10^3 = 43,756 \text{ млн.долл.}$$

Найдём годовые издержки на ядерное горючее для блока при нормальных параметрах пара:

$$I_T^{HOB} = \bar{I}_T \cdot V_{год}^{HOB} = 953 \cdot 45,007 \cdot 10^3 = 42,32 \text{ млн.дол.}$$

Таким образом, экономия издержек на ядерное топливо за год:

$$\Delta I_T = I_T^{CT} - I_T^{HOB} = 43,756 - 42,32 = 0,436 \text{ млн.долл.}$$

Переводя в рубли, получаем:

$$\Delta I_T = 0,436 \cdot 60,7 = 26,471 \text{ млн.руб.}$$

7.4 Оценка прибыли АЭС за счёт увеличения электрической мощности

Зная, что при проведении модернизации будет вырабатываться на 16 МВт·ч больше электроэнергии, найдём дополнительную годовую выработку электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{год} = \Delta N_y \cdot \Delta h_y,$$

$$\mathcal{E}_{год}^{1000} = 8 \cdot 6500 = 52 \text{ ГВт} \cdot \text{ч.}$$

Согласно тарифам на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) стоимость 1 МВт·ч в Ленинградской области составляет 902,82 руб.

Тогда, уровень дополнительной балансовой прибыли АЭС:

$$Pr_б = \mathcal{E}_{год} \cdot T,$$

$$\text{Пр}_6^{1000} = 52 \cdot 10^3 \cdot 902,82 = 46,95 \text{ млн. руб.}$$

Налог на прибыль, уплачиваемый АЭС:

$$H_{\text{пр}} = 0,2 \cdot \text{Пр}_6,$$

$$H_{\text{пр}}^{1000} = 0,2 \cdot 46,95 = 9,4 \text{ млн. руб.}$$

Чистая прибыль АЭС, после уплаты налогов:

$$\text{Пр}_ч = \text{Пр}_6 - H_{\text{пр}},$$

$$\text{Пр}_ч^{1000} = 45,9 - 9,4 = 37,5 \text{ млн. руб.}$$

7.5 Расчёт экономического эффекта модернизации

Для того что бы оценить инвестиции в энергетические объекты с точки зрения экономической эффективности, необходимо учитывать фактор времени, который учитывает разновременность осуществления инвестиций, производственных издержек и получения прибыли.

Наиболее распространённо экономическая эффективность инвестиций характеризуется чистым дисконтированным доходом, индексом рентабельности проекта, сроком окупаемости и внутренней нормой доходности проекта.

7.5.1 Чистый приведенный доход (*NPV*)

Данный критерий опирается на два положения:

- 1) Лучший проект обеспечивает большее значение дохода;
- 2) Разновременные затраты (доходы) имеют неодинаковую стоимость для инвестора.

Согласно данному критерию предпочтительным проектом будет тот, который обеспечивает большие значения *NPV*:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+r)^t},$$

где D_t – чистый доход в t -ом году, существования проекта:

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

$$D_t = \text{Пр}_t - K_t,$$

где Пр_t , K_t – соответственно чистая прибыль, амортизация и инвестиции в t -ом году;

r – ставка дисконтирования.

Если проект связан с реконструкцией, либо модернизацией действующего объекта энергетики, то $r = 0,15$.

Модернизация на третьем энергоблоке Ленинградской АЭС производилась в 2008 году, а плановый останов намечен на 2024 год. Следовательно, оставшееся время работы блока 16 лет.

Принимаем, что капиталовложения в модернизацию единовременны.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{16} \frac{\text{Пр}_t^{1000} + \Delta И_T}{(1+0,15)^t} - K = \sum_{t=1}^{16} \frac{37,5 + 26,47}{(1+0,15)^t} - 169,2 = 212 \text{ млн.руб.}$$

Исходя из результата расчёта NPV, можно сделать вывод о том, что в результате модернизации будет получен доход для предприятия с учётом фактора обесценивания денег с течением времени.

Представим график зависимости NPV от времени, по которому можно определить срок окупаемости проекта.

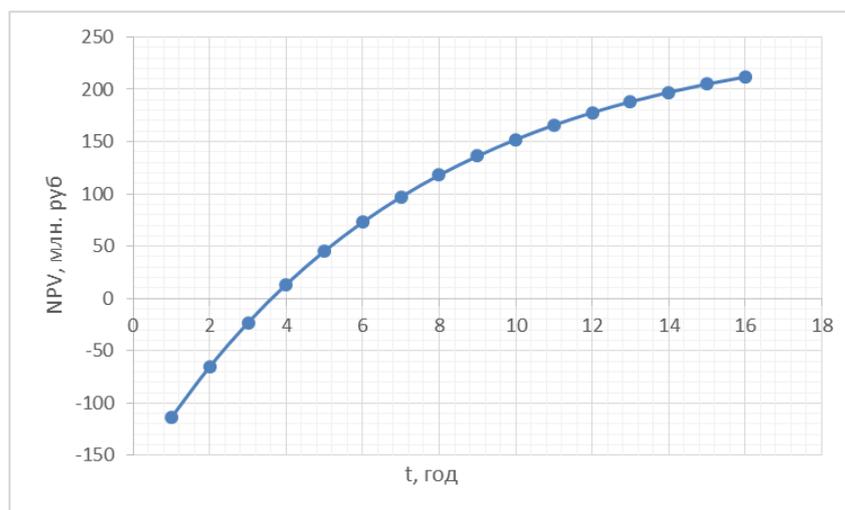


Рисунок 7.1 – Зависимость чистого приведенного дохода от времени

7.5.2 Срок окупаемости инвестиций ($T_{ок}$)

Срок окупаемости инвестиций с учетом фактора времени может быть найден путем решения следующего уравнения относительно $T_{ок}$:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{16} \frac{\text{Пр}_q^{1000} + \Delta И_T}{(1+0,15)^t} - K = 0,$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{16} \frac{37,5 + 26,47}{(1+0,15)^t} - 169,2 = 0,$$

$$T_{ок} = 3,8 \text{ лет.}$$

В соответствии с проведёнными расчётами, можно сделать заключение, о том что проект модернизации сепаратора в сепараторе-пароперегревателе является проектом с достаточно низким сроком окупаемости.

7.5.3 Индекс рентабельности (PI)

Индекс рентабельности инвестиционного привлекательного проекта должен быть больше единицы:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{\Pi_t}{(1+r)^t}}{K} = \frac{\sum_{t=1}^{16} \frac{37,5 + 26,47}{(1+0,15)^t}}{169,2} = 2,25.$$

Исходя из результата расчёта PI, можно сделать вывод о рентабельности проекта.

Таблица 7.1 – Калькуляция на модернизацию сепаратора

Наименование статей	Показатели
Изготовление и доставка, млн.руб.	160
Монтаж, млн.руб.	12
Остаточная стоимость, млн.руб.	2,8
Итого: капиталовложения, млн.руб.	169,2

Продолжение таблицы 7.1

Наименование статей	Показатели
Экономия издержек на топливо, млн.руб.	26,47
Дополнительная балансовая прибыль, млн.руб.	46,95
Налог на прибыль, млн.руб.	9,4
Чистая прибыль, млн.руб.	37,5
Чистый приведенный доход проекта, млн.руб.	212
Срок окупаемости, год	3,8
Индекс рентабельности	2,25