

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

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
ПРОЕКТ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ЭНЕРГОБЛОКА БН-800

УДК 621.311.25:621.039.56.001.6-048.35(470.54)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Лежнин Александр Владимирович		

Руководитель

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

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 теплоэнергетических 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	
Р1	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>
Р2	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>
Р3	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>
Р4	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>
Р5	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 результата	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	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-5, 9, 14, 15, 16),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями 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 комплексного 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</i> и специальных 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	Требования ФГОС (ПК-27, 28, ПСК-1.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.2),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	нейтронно-физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стационарных и нестационарных режимах работы	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (пп. 2.2, 2.4), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	малыми коллективами исполнителей, планировать работу персонала и фонды оплаты труда	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 производственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции	Требования ФГОС (ПСК-1.11), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями 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:

ДИПЛОМНОГОПРОЕКТА

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

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Лежнину Александру Владимировичу

Тема работы:

Проект модернизированного парогенератора для энергоблока БН-800

Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.11.2016 г. №9734
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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 исследования – Парогенератор энергоблока АЭС с реактором БН-800. Режим работы – непрерывный. Исходные данные для расчета – Основные технические характеристики ПГ БН-800 Прототип– ПГ БН-800 Климатические условия – г. Заречный.</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 работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулировать цели и задачи. 2. Расчет и построение тепловой диаграммы 3. Тепловой расчёт поверхности нагрева 4. Конструкторский расчёт 5. Расчёт водного режима 6. Расчёт тепловой изоляции 7. Сформулировать основные выводы работы.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Модуль испарителя прямооточного парогенератора ПГН-353 2. Схема регулирования температуры теплоносителя 3. Сетевой график работ 4. Календарный график работ 5. Таблица работ
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сергейчик С.И., доцент кафедры менеджмента
2. Социальная ответственность	Амелькович Ю.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
3. Автоматизация	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	Д.В. Гвоздяков	к.т.н.		22.06.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Лежнин Александр Владимирович		22.06.2016

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

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Лежнину Александру Владимировичу

Институт	Энергетический	Кафедра	АТЭС
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>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</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>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
<i>2. Матрица SWOT</i>
<i>3. Альтернативы проведения НИ</i>
<i>4. График проведения и бюджет НИ</i>
<i>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.10.16
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	С.И. Сергейчик	к.т.н., доцент		10.10.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Лежнин Александр Владимирович		10.10.16

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Лежнину Александру Владимировичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</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>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</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); 	
<ul style="list-style-type: none"> - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	

<p>3. Охрана окружающей среды:</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>4. Защита 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; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	
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	10.10.16
---	----------

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н., доцент		10.10.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Лежнин Александр Владимирович		10.10.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 5 рис., 18 табл., 21 источников.

Ключевые слова: модернизация, парогенератор, жидкометаллический, перегретый пар, прямоточный.

Объектом исследования является ПГ энергоблока АЭС с реактором БН-800

Цель работы – провести расчет ПГ с теплообменными трубки из высокохромистой стали 07X12НМФБ.

В процессе исследования проводились тепловой и конструкторский расчеты ПГ, расчет водного режима, расчёт тепловой изоляции и гидравлический расчет.

В результате исследования выявили более оптимальные геометрические размеры теплообменных трубок.

Степень внедрения: данный проект может быть использован на энергоблоках с реактором БН.

Область применения: вертикальные жидкометаллические ПГ.

Экономическая эффективность: снижение удельных капиталовложений.

В будущем планируется использовать полученные конструкционные характеристики для новых энергоблоков с реактором БН.

					ФЮРА.693410.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

СПИСОК ПРИНЯТЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

- АСР – автоматическая система регулирования;
- АЭС – атомная электрическая станция;
- ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор;
- КПД – коэффициент полезного действия;
- КР – капитальный ремонт;
- ОД – охладитель дренажа;
- ОП – охладитель непрерывной продувки;
- ОС – опасные ситуации;
- ПП – промежуточный пароперегреватель;
- ПВ – питательная вода;
- ПВД – подогреватель высокого давления;
- ПГ – парогенератор;
- ПНД – подогреватель низкого давления;
- ППР – планово-предупредительный ремонт;
- ПСВ – подогреватель сетевой воды;
- ПТУ – паротурбинная установка;
- Р – расширитель непрерывной продувки;
- РК – регулирующий клапан;
- РППВ – регенеративный подогрев питательной воды;
- С – сепаратор;
- СК – стопорный клапан;
- СР – средний ремонт;
- ТР – текущий ремонт;
- ТЭС – тепловая электрическая станция;
- ФСТ – Федеральная служба по тарифам;
- ЧС – чрезвычайная ситуация.

					ФЮРА.693410.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ДИАГРАММЫ	12
1.1 Определение тепловой мощности элементов, частей и всего ПГ	12
1.2 Определение расхода теплоносителя	13
1.3 Расчет температур теплоносителя по участкам ПГ	13
2. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА	14
2.1. Выбор материала труб теплопередающей поверхности, наружного диаметра и расчет толщины стенки труб теплопередающей поверхности	15
2.2. Определение числа модулей испарителя и числа труб в модуле	16
2.3. Характеристики модуля испарителя.	18
2.4. Разбивка испарителя на участки.	18
2.5. Расчет количества тепла, передаваемого воде на экономайзерном участке I	19
2.6. Расчет коэффициента теплопередачи на экономайзерном участке испарителя	21
2.7. Решение уравнения	24
2.8. Определение температуры воды t''_{21}	25
2.9. Расчет паросодержания $x_{ГР}$	25
2.10. Расчет площади теплопередающей поверхности первого экономайзерного участка H_{PI}	26
2.11. Расчет площади теплопередающей поверхности второго экономайзерного участка H_{PII}	29
2.12. Расчет площади теплопередающей поверхности первого испарительного участка H_{PIII}	32
2.13. Расчет площади теплопередающей поверхности	

участка испарителя с ухудшенной теплоотдачей	36
2.14. Расчёт общей площади теплопередающей поверхности и длины труб испарителя	39
2.15. Расчет площади теплопередающей поверхности основного пароперегревателя	39
2.16. Расчет площади теплопередающей поверхности пароперегревателя	40
3. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАСЧЕТ	46
4. РАСЧЕТ ВОДНОГО РЕЖИМА	51
5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ	52
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ	53
7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	58
8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	67
9. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1 КОНТУРА НА ВЫХОДЕ ИЗ ТЕПЛООБМЕННИКА	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ:	
ФЮРА.693410.002 ВО – Модуль испарителя прямоточного парогенератора ПГН-353	
ФЮРА.693410.003 С2 – Схема регулирования температуры теплоносителя	
ФЮРА.693410.004 РР – Сетевой график работ	
ФЮРА.693410.005 РР – Календарный график работ	
ФЮРА.693410.006 ТБ – Таблица работ	

ВВЕДЕНИЕ

Прямоточный парогенератор Н-272 перегретого пара предназначен для работы в составе энергоблока электрической мощностью 800 МВт. Тепловая схема энергоблока БН-800 – трехконтурная. Теплоносителем в первом и втором контурах является жидкий натрий, рабочим телом в третьем контуре – вода и пар.

Парогенератор Н-272 - прямоточный теплообменный аппарат секционно-модульного типа, состоящий из 10 однотипных секций, объединенных трубопроводами обвязки по натрию и воде-пару. ПГ снабжен вспомогательными трубопроводами заполнения и дренажа рабочих сред по 2-му и 3-му контурам, сдувки газа, система автоматической защиты парогенератора (САЗ). Арматура, имеющаяся на трубопроводах, позволяет отключить и вывести из работы любую из 10 секций.

Секционный тип парогенератора Н-272 позволяет выводить из работы дефектную секцию без остановки всего парогенератора при возникновении межконтурной течи теплообменной поверхности или другого внутрисекционного нарушения условий нормальной эксплуатации. Функции обнаружения межконтурной неплотности, определения дефектной секции и вывода ее из работы выполняет система автоматической защиты парогенератора (САЗ).

Парогенератор обладает запасом по теплообменной поверхности, позволяющим работать на 8 секциях без значительных потерь мощности.

Секция парогенератора состоит из двух модулей: испарителя (И) и пароперегревателя (ПЕ), соединенных между собой трубами перелива натрия. Каждый модуль, представляющий собой вертикальный теплообменник с прямыми трубками, состоит из следующих узлов:

- нижней и верхней камер по воде и пару;
- верхней и нижней камер подвода и отвода теплоносителя;
- корпуса с сильфонным компенсатором линейных удлинений;
- трубного пучка.

					ФЮРА.693410.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Сетевое планирование

Для оптимального распределения рабочих ресурсов и уменьшения затрат проведём сетевое планирование.

Планирование работ сетевым методом включает в себя: составление перечня работ; определение участников каждой отдельной работы; установление продолжительности работ; построение сетевого графика.

Составим перечень работ, которые необходимо произвести для достижения цели в поставленной задаче:

- 0 - получение задания;
- 1 - составление списка литературы;
- 2 - копирование литературы;
- 3 - перевод иностранной литературы;
- 4 - распределение литературы по темам;
- 5 - обзор литературы по различным методам расчёта;
- 6 - обзор литературы по различным параметрам теплоносителей;
- 7 - обзор литературы по решениям уравнений;
- 8 - обзор литературы по гидродинамическим процессам;
- 9 - обзор экспериментальных данных;
- 10 - обзор литературы по охране труда;
- 11 - знакомство с методом наименьших квадратов;
- 12 - определение тепловой мощности элементов, частей и всего ПГ;
- 13 - определение расхода теплоносителя;
- 14 - расчет температур теплоносителя по участкам ПГ;
- 15 - построение принципиальной тепловой схемы ПГ;
- 16 - построение тепловой диаграммы;
- 17 - определение числа модулей испарителя и числа труб;
- 18 - Разбивка испарителя на участки;

					ФЮРА.693410.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

19 - Расчет коэффициента теплопередачи на экономайзерном участке испарителя;

20 - решение уравнения;

21 - расчёт паросодержания;

22 - расчёт экономайзерного участка;

23 - расчёт первого испарительного участка;

24 - расчёт участка испарителя с ухудшенной теплоотдачей;

25 - расчёт длины труб испарителя;

26 - расчёт поверхности пароперегревателя;

27 - анализ результатов теплового расчёта;

28 - конструкторский расчёт;

29 - расчёт водного режима;

30 - расчёт тепловой изоляции;

31 - выполнение гидравлического расчёта

32 - оформление результатов гидравлического расчёта;

33 - работа над технико-экономической частью;

34 - работа над разделом «Охрана труда»;

35 - работа над заключительной частью;

36 - оформление расчетно-пояснительной записки;

37 - распечатка расчетно-пояснительной записки и демонстрационных листов;

38 - проверка расчетно-пояснительной записки и исправление ошибок;

39 - сдача расчетно-пояснительной записки;

Для определения ожидаемой продолжительности работы используем вероятностный метод, так как обычно не имеется нормативных данных о выполнении работ по научно-исследовательским темам. Всю работу мы делим на этапы, состоящие из отдельных работ. Каждая, из перечисленных

					ФЮРА.693410.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

выше работ имеет свою продолжительность. Экспериментальным способом устанавливаем минимальную и максимальную продолжительность работ.

Определяем ожидаемую продолжительность работы по формуле:

$$t_{iae} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{ia} + t_{\max}}{6}$$

где t_{\min} - минимальная продолжительность работы; t_{\max} - максимальная продолжительность работы; t_{ia} - наиболее вероятная продолжительность работы.

Каждую работу обозначим символом для построения сетевого графика.

Над выполнением работы трудятся: СП - старший преподаватель; АСС - ассистент; АСП - аспирант.

Составим таблицу данных, необходимых для построения сетевого графика (см. табл. 7.1).

Таблица 7.1 - Данные сетевого графика

ШИФР РАБОТ	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТ	ИСПО-ЛЬ	t _{ож}	t _{MIN}	t _{НВ}	t _{MAX}
0-1	составление списка литературы	СП	6	5	6	7
1-2	копирование литературы	АСП	2	1	2	3
1-3 2-3	Перевод иностранной литературы	СП АСП	2	1	2	3
1-4	Распределение литературы по темам	СП	6	5	6	7
2-5 3-5 4-5	Обзор литературы по различным методам расчёта	АСП	4	3	4	5
2-6 4-6	обзор литературы по различным параметрам теплоносителей	АСП	4	3	4	5
4-7	обзор литературы по решениям уравнений	АСП	4	3	4	5
4-8 2-8	обзор литературы по гидродинамическим процессам	АСП	4	3	4	5
4-9	Обзор экспериментальных данных	СП	4	3	4	5
4-10	Обзор литературы по охране труда	АСП	4	3	4	5
6-11	Знакомство с методом наименьших квадратов	АСП	4	3	4	5
11-12	определение тепловой мощности элементов, частей и всего ПГ	СП АСП	7	5	7	9
12-13	определение расхода теплоносителя	СП АСП	4	3	4	5
13-14	расчет температур теплоносителя по участкам ПГ	АСП	7	5	7	9
6-15 14-15	построение принципиальной тепловой схемы ПГ	СП АСП	4	3	4	5
15-16	построение тепловой диаграммы	АСП	7	4	7	10

Продолжение таблицы 7.1

19-17	определение числа модулей испарителя и числа труб	СП АСП	4	3	4	5
16-18 17-18 20-18	Разбивка испарителя на участки	АСП	7	4	7	10
7-19	Расчет коэффициента теплопередачи на экономайзерном участке испарителя	АСП	7	4	7	10
19-20	решение уравнения	АСП АСП	3	2	3	4
20-21	расчёт паросодержания	АСП АСП	4	3	4	5
18-22 21-22	расчёт экономайзерного участка	АСП	7	4	7	10
16-23 18-23 22-23 27-23	расчёт первого испарительного участка	АСП	4	3	4	5
25-24	расчёт участка испарителя с ухудшенной теплоотдачей	СП АСП АСП	6	5	6	7
6-25	расчёт длины труб испарителя	АСП	7	5	7	9
24-26	расчёт поверхности пароперегревателя	СП АСП	4	3	4	5
23-28	конструкторский расчёт	СП АСП	4	3	4	5
9-29 24-29 28-29	расчёт водного режима	СП АСП	6	5	6	7
2-30 8-30	расчёт тепловой изоляции	АСП	6	5	6	7
2-31 8-31	выполнение гидравлического расчёта	АСП	6	5	6	7
2-32	оформление результатов гидравлического расчёта	АСП	7	5	7	9
0-33	Работа над технико-экономической частью	АСП	7	5	7	9
10-34	Работа над разделом «Охрана труда»	АСП	4	3	4	5
29-35	Работа над заключительной частью	АСП	2	1	2	3
33-36 34-36 35-36	Оформление расчетно-пояснительной записки	АСП	9	7	9	11
36-37	Распечатка расчетно-пояснительной записки и демонстрационных листов	АСП	10	8	10	12
37-38	Проверка расчетно-пояснительной записки и исправление ошибок	АСП	5	3	5	7
38-39	Сдача расчетно-пояснительной записки руководителю	АСП	1	1	1	1
0-27 26-29 5-36 30-36 31-36 32-36	Фиктивные работы	-	0	0	0	0

Расчет параметров сетевого графика проводим секторным методом. Секторный метод заключается в определении времени раннего и позднего совершения события и их резервы при известных затратах времени на каждую запланированную работу.

В секторном методе: ij – номер события; R_i, R_j – резерв этого события; t_i^{PH}, t_j^{PH} – раннее время свершения этого события; $t_i^{ПО}, t_j^{ПО}$ – позднее время свершения этого события.

$$T_j^{PH} = \max(T_i^{PH} + t_{ij})$$

где T_j^{PH} – время раннего начала последующего события; T_i^{PH} – время раннего начала предыдущего события; t_{ij} – длительности пути между этими событиями.

Поздний срок свершения последнего события равен длине критического пути. Поздний срок свершения любого события равен разности между длиной критического пути и максимальным путем, следующим за данным событием:

$$T_i^{ПО} = \min(T_j^{ПО} - T_{ij})$$

где $T_i^{ПО}$ – время позднего окончания предшествующего события; $T_j^{ПО}$ – время позднего окончания последующего события.

Резерв события равен разности между временем позднего свершения и временем раннего начала события:

$$R_i = T_i^{ПО} - T_i^{PH}$$

Критический путь – это наибольший по продолжительности полный путь, на котором резервы событий равны нулю. На критическом пути коэффициент напряженности равен единице.

Таблица 7.2 - Результаты расчета сетевого графика

ШИФР РАБОТЫ	t_{ij}	t_{ij}^{PH}	t_{ij}^{PO}	$t_{ij}^{ПН}$	$t_{ij}^{ПО}$	R_{ij}
0-1	6	0	6	0	6	0
1-2	2	6	8	8	10	2
1-3	2	6	8	10	12	4
2-3	2	8	10	10	12	2
1-4	6	6	12	6	12	0
2-5	4	8	12	12	16	4
3-5	4	10	14	12	16	2
4-5	4	12	16	12	16	0
2-6	4	8	12	12	16	4
4-6	4	12	16	12	16	0
4-7	4	12	16	34	38	22
4-8	4	12	16	12	16	0
2-8	4	8	12	12	16	4
4-9	4	12	16	67	71	55
4-10	4	12	16	71	75	59
6-11	4	16	20	16	20	0
11-12	7	20	27	20	27	0
12-13	4	27	31	27	31	0
13-14	7	31	38	31	38	0
6-15	4	16	20	38	42	22
14-15	4	38	42	38	42	0
15-16	7	42	49	42	49	0
19-17	4	23	27	45	49	22
16-18	7	49	56	49	56	0
17-18	7	27	34	49	56	22
20-18	7	26	33	49	56	23
7-19	7	16	23	38	45	22
19-20	3	23	26	46	49	23
20-21	4	26	30	52	56	26
18-22	7	56	63	56	63	0
21-22	7	30	37	56	63	26
16-23	4	49	53	63	67	14
18-23	4	56	60	63	67	7
22-23	4	63	67	63	67	0
27-23	4	0	4	63	67	63
6-25	7	16	23	16	23	0
25-24	6	23	29	23	29	0
24-26	4	29	33	29	33	0
23-28	4	67	71	67	71	0
28-29	6	71	77	71	77	0
9-29	6	16	22	71	77	55
24-29	6	29	35	71	77	42
2-30	6	8	14	16	22	8
8-30	6	16	22	16	22	0
2-31	6	8	14	16	22	8
8-31	6	16	22	16	22	0
2-32	7	8	15	8	15	0
0-33	7	0	7	72	79	72
10-34	4	16	20	75	79	59
29-35	2	77	79	77	79	0
35-36	9	79	88	79	88	0
33-36	9	7	16	79	88	72
34-36	9	20	29	79	88	59
36-37	10	88	98	88	98	0
37-38	5	98	103	98	103	0
38-39	1	103	104	103	104	0

7.2 Расчет затрат на разработку темы

Суммарные затраты на разработку темы или договорная цена на выполнение работы будет рассчитываться по формуле:

$$З\Sigma = \text{ФПЗ} + \text{Нот} + \text{Зо} + \text{Зрм} + \text{Зпо} + \text{А} + \text{Усс} + \text{К}, \text{ руб}$$

где ФПЗ – заработная плата участников разработки темы.

Нот – начисления на выплаты по оплате труда 30.2 %

Зо – затраты, связанные с закупкой необходимого оборудования.

Зрм – затраты, связанные с закупкой расходных материалов.

Зпо – затраты, связанные с закупкой программного обеспечения.

А – арендная плата за помещение.

Усс - услуги сотовой связи.

К – командировки.

Рассмотрим каждую составляющую суммарных затрат в отдельности:

а) Затраты, связанные с закупкой необходимого оборудования.

Таблица 7.3 - Стоимость закупаемого оборудования

№	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО
1	Персональный компьютер	3
2	Монитор LCD LG Flatron 710N	3
3	Принтер Canon Ip 1500	3

Итого: Зо = 105000 руб

б) Затраты, связанные с закупкой расходных материалов.

Таблица 7.4 - Стоимость закупаемых расходных материалов

№	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО	ЦЕНА	СТОИМОСТЬ
1	Бумага для принтера А4 (500 листов, 80 г/м, белизна 96 %)	1	120 руб	300 руб
2	Ручка шариковая	3	20 руб	60 руб
3	Карандаш чертежный	3	15 руб	45 руб

Итого: Зрм = 405 руб

Смета
Расходов на выполнение договора

Наименование статей расходов	Статьи расходов по кодам ЭКР	Всего, руб.
Фонд заработной платы основной	211	198536
Фонд заработной платы дополнительной		19853
Фонд заработной платы общий		218389
Начисления на выплаты по оплате труда, 30.2 %	213	65953
Командировки:		
расходы по оплате суточных	212	21000
транспортные расходы по служебным командировкам	222	30000
компенсация стоимости жилья	226	50000
Оплата услуг связи	221	1500
Арендная плата за пользование имуществом	224	5000
Прочие услуги:	226	
- в том числе оплата НИР сторонних организаций (не более 50% общего объема договора);		-
Увеличение стоимости основных средств	310	105000
Увеличение стоимости материальных запасов	340	10931
Итого прямые расходы:		507773
Накладные расходы, 16 %		81244
Цена договора:		589017