

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 РЕКОНСТРУКЦИИ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПТУ КОЛЬСКОЙ АЭС

УДК 621.311.25:621.039.52.002.5.001.6(470.21)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	МЕЛЬНИК Станислав Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	А.В. Воробьев	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»

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
Старший 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		

Томск – 2017 г.

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	Требования ФГОС (ОК-7 ПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	полученные знания для обучения и воспитания новых кадров	<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 международными 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 международными 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 международными 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 международными 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 международными стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	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 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</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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		<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>
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,	Требования ФГОС (ПСК-1.9), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), 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
	принимать меры по их устранению	
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 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

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Мельнику Станиславу Вячеславовичу

Тема работы:

Проект реконструкции регенеративной системы высокого давления для ПТУ Кольской АЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.11.2016г., №9734/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20 января 2017 года
--	---------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Целью работы является обоснование целесообразности замены существующих коллекторно-спиральных подогревателей высокого давления на камерные ПВД.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Описание основного и вспомогательного Оборудования турбоустановки К-220-44.2. Обоснование темы ВКР.3. Анализ принципиальной тепловой схемы турбоустановки К-220-44. Уточнение параметров пара и воды.4. Расчёт принципиальной тепловой схемы турбоустановки на номинальный режим.5. Проектные конструкторские расчёты

	<p>подогревателей высокого давления.</p> <p>6. Расчёт тепловой схемы турбоустановки К-220-44 методом КИМов.</p>
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развёрнутая схема паротурбинной установки – 1л. формата А1. 2. Сборочные чертежи ПВД разных типов – 3л. формата А1. 3. Компонировочный чертёж паротурбинной установки – 1л. формата А2. 4. Функциональная схема СТТК уровня подогревателя – 1л. формата А2.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Сергейчик С.И., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Амелькович Ю.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Автоматизация технологических процессов	Андык В.С., доцент кафедры автоматизации технологических процессов

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.06.16г.
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АТЭС	Воробьев А.В.	к.т.н., доцент		27.06.16г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Мельник Станислав Вячеславович		27.06.16г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Мельнику Станиславу Вячеславовичу

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

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

1. Технические и эксплуатационные данные о подогревателях, их расположении, а также заработная плата обслуживающего персонала	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка сравнительной эффективности подогревателей разного типа	
2. Расчёт капитальных вложений подогревателей	
3. Расчёт годовых эксплуатационных расходов подогревателей, составление таблицы заработной платы персонала	
4. Определение экономической оценки на основе сравнения капиталовложений, экономический эффект, график зависимости ставки дисконтирования от экономического эффекта	

Перечень графического материала

Итоговая таблица, график, формула расчета экономического эффекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.10.16г.
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик С.И.	к.т.н., доцент		15.10.16г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Мельник Станислав Вячеславович		15.10.16г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Мельнику Станиславу Вячеславовичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Проект реконструкции регенеративной системы высокого давления. Объекты исследования: подогреватели высокого давления коллекторно-спирального и камерного типов.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 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>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 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). 	
<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); 	

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.10.16г.
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Ю.А.	к.т.н., доцент		15.10.16г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Мельник Станислав Вячеславович		15.10.16г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 122 с., 20 рис., 14 табл., 33 источника, 2 прил.

Ключевые слова: подогреватели высокого давления, конструкция, гидравлические потери, металлоемкость.

Объектом исследования являются регенеративные подогреватели высокого давления Кольской АЭС.

Цель работы: оценка целесообразности и эффективности замены существующих коллекторно-спиральных подогревателей высокого давления на камерные ПВД.

В процессе исследования проводились тепловой и конструкторский расчеты подогревателей.

Полученные данные позволяют произвести оценку подогревателей по трем категориям: масса, потери давления, стоимость.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	15
1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ К-220-44.....	17
2. ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ВКР	21
2.1. Достоинства и недостатки ПВД разных типов	22
3. АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТУРБОУСТАНОВКИ К-220-44. УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАРА И ВОДЫ	25
4. РАСЧЁТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТУРБОУСТАНОВКИ К-220-44 НА НОМИНАЛЬНЫЙ РЕЖИМ	31
4.1. Проверка материального баланса рабочего тела	39
4.2. Расчет показателей тепловой экономичности	41
5. ПРОЕКТНЫЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ РАСЧЕТЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	43
5.1. Расчет коллекторно-спирального подогревателя	43
5.1.1. Расчет собственно подогревателя	46
5.1.2. Расчет охладителя конденсата.....	50
5.1.3. Гидравлический расчет коллекторно-спирального подогревателя	56
5.1.4. Механический расчет элементов подогревателя	57
5.1.5. Расчет металлоёмкости и стоимости подогревателя.....	58
5.2. Расчет камерного подогревателя	60
5.2.1. Расчет собственно подогревателя	60
5.2.2. Расчет охладителя конденсата.....	62
5.2.3. Гидравлический расчет камерного подогревателя	65
5.2.4. Механический расчет элементов подогревателя	66
5.2.5. Расчет металлоёмкости и стоимости подогревателя.....	68
6. РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТУРБОУСТАНОВКИ К-220-44 МЕТОДОМ КИМ _{ов} 70	
7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	73
7.1. Обоснование создания системы теплотехнического контроля.....	73
7.2. Разработка структуры системы теплотехнического контроля	74
7.3. Уровень конденсата	75
7.4. Проектирование функциональной схемы СТТК	75
7.5. Выбор технических средств СТТК	77
8. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТИПОВ ПВД-К И ПВД-КС	80
8.1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	80

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

8.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	80
8.3. Расчёт капитальных вложений (инвестиций) подогревателя ПВД-К	81
8.4. Расчёт капитальных вложений (инвестиций) подогревателя ПВД-КС	83
8.5. Расчёт годовых эксплуатационных расходов подогревателя ПВД-К	86
8.6. Расчёт годовых эксплуатационных расходов подогревателя ПВД-КС	90
8.7. Экономическая оценка инвестиций на основе сравнения капиталовложений	91
9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	94
9.1. Производственная безопасность.	94
9.2. Экологическая безопасность.	106
9.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	110
9.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	120
ПРИЛОЖЕНИЯ	Ошибка! Закладка не определена.

ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ:

На отдельных
Листах

ФЮРА. 311115.002 ТЗ Развёрнутая тепловая схема турбоустановки К-220-44
 ФЮРА. 311352.003 ВО Подогреватель высокого давления коллекторно-спирального типа. Чертёж общего вида.
 ФЮРА. 311352.004 ВО Подогреватель высокого давления камерного типа. Чертёж общего вида.
 ФЮРА. 311352.005 СБ Подогреватель высокого давления камерного типа. Сборочный чертёж.
 ФЮРА. 311115.006 МЧ Компонировочный чертёж турбоустановки К-220-44.
 ФЮРА. 421000.007 С2 СТТК уровня подогревателя высокого давления.
 Функциональная схема.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

ВВЕДЕНИЕ

Рост народонаселения нашей планеты ведёт к увеличению производства товаров, обеспечивающих жизнедеятельность человечества. В условиях интенсивного научно – технического прогресса неуклонно растет производительность труда. Все это требует применения возрастающего количества энергоресурсов. Современные масштабы использования энергоресурсов таковы, что нельзя не задумываться об их исчерпаемости, а так же о последствиях их воздействия на окружающую среду.

Так как органическое топливо (уголь, нефть, газ) является практически невозполнимым, то очевидно, что необходимо в ближайшее время более широко внедрять в энергетику нетрадиционные источники энергии, в том числе ядерную энергетику.

Ядерная энергетика развивается во многих странах мира. Достигнута и продемонстрирована возможность вырабатывать на АЭС электроэнергию в промышленных масштабах, экономично и при нормальной радиационной обстановке как на самой станции, так и вблизи неё. При работе АЭС исключается загрязнение воздушного бассейна сернистыми соединениями и различными продуктами сгорания, которые в большом количестве выбрасываются из дымовых труб электростанций, работающих на органическом топливе.

Увеличение доли электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, сопровождается созданием паротурбинных установок различных типов при неуклонном возрастании единичной мощности турбоагрегатов, повышаются и требования, предъявляемые к их надежности, экономичности, маневренности и другим эксплуатационным показателям. Что касемо энергоблоков ВВЭР, то в настоящий момент это самый распространенный тип энергоблоков, эксплуатируемый в России и за рубежом. Несмотря на то, что энергоблоки ВВЭР-440 имеют меньшую мощность, чем ВВЭР-1000, они

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

до сих пор эксплуатируются, а значит повышение их эффективности является целесообразным.

Современные схемы систем регенерации ПТУ ТЭС и АЭС, включающие систему регенерации низкого давления (СРНД), деаэрационную установку (есть схемы без деаэраторов) и систему регенерации высокого давления (СРВД), обеспечивают повышение экономичности всей ЭУ на 13 - 14 %. При этом на долю СРВД приходится до 6-7 % повышения КПД ЭУ.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ К-220-44

Энергоблоки Кольской АЭС предназначены для выработки электроэнергии в базовом режиме несения нагрузки, а также теплоснабжения внешних потребителей (тепличного хозяйства площадью 6 га, потребителей стройбазы и других за пределами периметра).

Каждый энергоблок включает в себя реакторную установку и две турбоустановки. Тепловая схема АЭС двухконтурная.

Радиоактивный первый контур включает в себя гетерогенный реактор на тепловых нейтронах, шесть главных циркуляционных петель, паровой компенсатора давления, а также вспомогательное оборудование. В каждую циркуляционную петлю входят: горизонтальный парогенератор, главный циркуляционный насос, главный циркуляционный трубопровод Ду 500 из нержавеющей стали.

Нерadioактивный второй контур включает в себя паро-производительную часть парогенераторов, главные паропроводы, два турбоагрегата, их вспомогательное оборудование и обслуживающие системы, оборудование деаэрации, подогрева и подачи питательной воды в парогенераторы.

Реактор В-213, который является реактором второго поколения ВВЭР, позволяет получить на выходе из парогенераторов 2700 т/ч насыщенного пара с параметрами:

давление: 47 кгс / см², температура: 260 °С, влажность: 0,25%.

С учетом потерь в паропроводах начальными параметрами пара для расчета паровой турбины приняты:

давление: 44 кгс / см², температура: 254,8 °С, степень сухости: 0,995.

Выбор температуры питательной воды (223 °С) осуществлен из сочетания следующих критериев:

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

- максимальная тепловая экономичность турбоустановки;
- минимальные приведенные затраты на систему регенерации.

Суммарная паропроизводительность ПГ определила количество турбоустановок К-220-44-3 на один блок – 2.

Каждая турбина вращает генератор ТВВ-220-2А с водяным охлаждением обмотки статора и водородным охлаждением ротора и его возбудитель, а турбины первой очереди, кроме того, генератор собственного расхода (ГСР) и его вспомогательные механизмы. Каждый ГСР предназначен для питания двух главных циркуляционных насоса 1 контура.

Конденсационная паровая турбина типа К-220-44-3 без регулируемых отборов пара с одним двухступенчатым паровым перегревом (отборным и свежим паром), номинальной мощностью 220000 кВт, с числом оборотов 3000 об/мин предназначена для непосредственного привода генератора переменного тока типа ТВВ-220-2, мощностью 220000 кВт, монтируемого на общем фундаменте с турбиной.

Турбина представляет собой одновальный трёхцилиндровый агрегат - один однопоточный цилиндр высокого давления (ЦВД) и два двухпоточных цилиндра низкого давления (ЦНД) с четырьмя выхлопами, двумя конденсаторами (два выхлопа в каждый конденсатор). Общая длина машины 23,11 м.

Турбина имеет 8 отборов пара на регенерацию и к потребителям собственных нужд пять из цилиндра высокого давления (после 1-й, 2-й, 3-й, 5-й и 6-й ступеней) и три из цилиндра низкого давления (после 1-й, 2-й и 3-й ступеней).

Парораспределение турбины дроссельного типа. Пар из ПГ поступает к 4-м стопорным клапанам, вмонтированным в паропроводы, после чего подводится к четырем регулирующим клапанам, из которых два расположены сверху, а два - по бокам турбины.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

Из ЦВД пар отводится в 2 сепаратора-пароперегревателя по двум нижним ресиверам Ж 1200 мм. После СПП пар по двум боковым ресиверам отводится в ЦНД. На ресиверах установлено по 10 линзовых компенсаторов, обеспечивающих необходимую свободу расширения. Отработавший пар из ЦНД направляется в конденсаторы.

На рисунке 3 изображена принципиальная расчетная тепловая схема турбоустановки К-220-44-3 для режима максимальной нагрузки без отборов на теплофикацию и собственные нужды и температурой охлаждающей воды 5 °С.

Подогреватели низкого давления № 1÷5 типа ПН-800 - поверхностные вертикальные, четырёхходовые. Каждый подогреватель низкого давления представляет конструкцию, состоящую из сварного стального корпуса, водяной камеры с патрубками подвода и отвода конденсата и трубной системы.

Трубная система состоит из стальной трубной доски, в которую завальцованы U-образные трубки из нержавеющей стали 08X18H10T.

При номинальной нагрузке и номинальных параметрах свежего пара перед турбиной пар на ПНД-1÷5 поступает из следующих отборов турбины: на ПНД-5 — из 4 отбора, на ПНД-4 — из 5 отбора, на ПНД-3 — из 6 отбора, на ПНД-2 — из 7 отбора, на ПНД-1 — из 8 отбора.

Для удаления неконденсирующих газов, ухудшающих условия теплообмена в ПНД, выполнена схема их отсоса в конденсатор турбины.

Подогреватели высокого давления - поверхностные, вертикальные, с горизонтальными спиральными трубками, нижним расположением фланцевого разъёма с мембранным сварным уплотнением.

Каждый подогреватель состоит из собственно подогревателя и охладителя дренажа, представляющих одно целое. Встроенный охладитель дренажа расположен в нижней части каждого подогревателя и конструктивно представляет собой короб, в который заключена часть трубной системы. В

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

коробе организовано несколько ходов конденсата для охлаждения его питательной водой.

Трубная система всех ПВД одинакова и состоит из вертикальных коллекторных труб и горизонтальных спиралевидных змеевиков, приваренных к коллекторным трубам.

Питательная вода подводится к трубной системе снизу через днище, проходит два хода по змеевикам и через коллекторные трубы отводится снизу из подогревателя. Греющий пар поступает в корпус подогревателей через патрубок, расположенный в верхней части и омывает трубки снаружи.

Пар на ПВД при номинальной нагрузке на турбине поступает из следующих отборов: на ПВД-8 – из 1 отбора, на ПВД-7 – из 2 отбора, на ПВД-6 – из 3 отбора.

Слив конденсата греющего пара осуществляется при номинальной нагрузке каскадно.

Отсос воздуха из всех ПВД осуществляется каскадно в деаэратор или в расширитель дренажей турбины.

ПВД защищаются от недопустимого повышения давления двумя предохранительными клапанами, установленными на ПВД-8.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

2. ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ВКР

Основным типом подогревателей высокого давления является вертикальный коллекторный аппарат с поверхностью нагрева из гладких труб, свитых в плоские спирали (типов ПВСС, ПВ или ПВД). (рисунок 1).

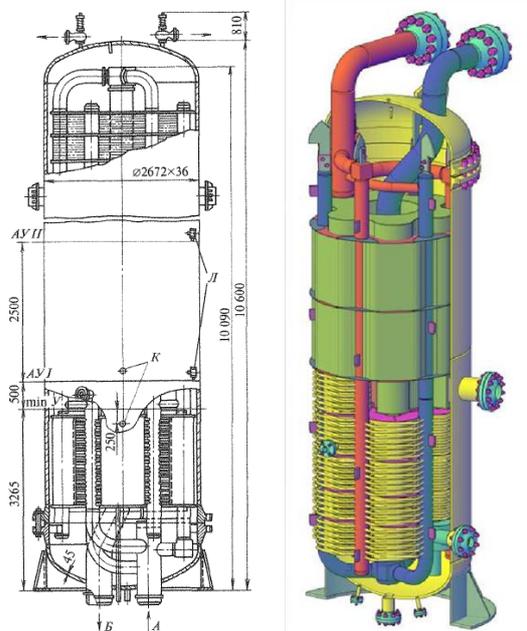


Рисунок 1 – ПВД коллекторно-спирального типа [32]

Также в настоящее время на АЭС также используются камерные конструкции ПВД (НПО “ЦКТИ” совместно с ОАО “ИК“ЗИОМАР”) (рисунок 2).

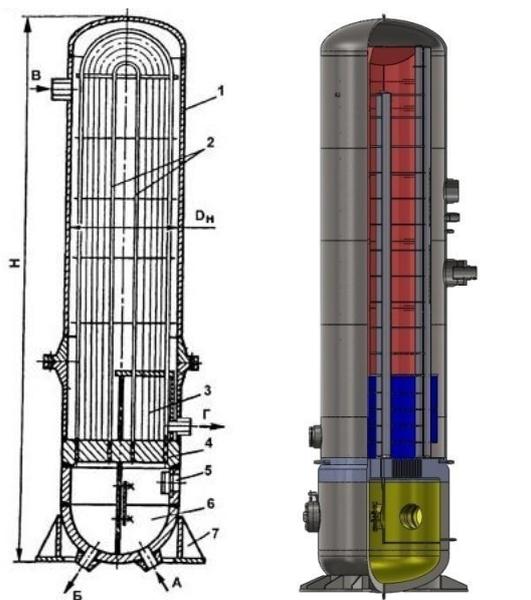


Рисунок 2 – ПВД камерного типа [33]

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

2.1. Достоинства и недостатки ПВД разных типов

2.1.1. Коллекторно-спиральные ПВД не идеальны и имеют ряд недостатков:

1) значительное время отключения системы регенерации высокого давления при ремонте трубной системы из-за нарушения её плотности (среднее время восстановления примерно 120 ч, что в 3 раза больше, чем для камерных);

2) повышенная опасность разрушения труб из углеродистой стали при повороте питательной воды из коллектора в спиральный элемент из-за эрозионно-коррозионного износа, а также опасность выноса продуктов коррозии в паропроизводящую установку;

3) необходимость быстродействующей защиты от заполнения корпуса питательной водой в случае разрыва коллектора;

4) ограничения по высоте корпуса, накладываемые высотой машзала в связи с необходимостью съёма верхней крышки корпуса при осмотрах и ремонтах, не позволяют набрать поверхность теплообмена, необходимую для обеспечения оптимальных недогревов питательной воды в каждом ПВД.;

5) наличие неконтролируемых неразрушающим методами угловых сварных швов приварки змеевиков к коллектору приводит к частым остановам, ремонтам при отбраковке этих сварных швов в первые два года эксплуатации;

6) при эксплуатации в режиме скользящего начального давления и регулировочном диапазоне накоплена статистика неисправностей (свищи в угловых соединениях спиралей и коллекторов, повреждения сварных соединений приварки донышек к коллекторам);

7) коррозионно-эрозионный износ входных участков змеевиков из углеродистой стали обуславливает необходимость проведения контроля при каждом длительном останове ПВД;

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

2.1.2. Достоинства и недостатки камерных подогревателей

В отличие от коллекторных ПВД, конструкции камерных подогревателей позволяют использовать простые решения для возможности ремонта поверхности теплообмена без ее замены. Эти ПВД наиболее приспособлены к использованию труб малого диаметра (16мм), что позволяет снизить металлоемкость и увеличить компактность аппаратов при прочих равных условиях. Ряд преимуществ камерных ПВД перед коллекторными:

- 1) конструкция камерных ПВД более проста в изготовлении;
- 2) меньшее число изгибов труб поверхности теплообмена;
- 3) разработана технология обварки труб к толстостенным элементам;
- 4) легкий доступ к трубной доске для глушения поврежденных труб;
- 5) низкая металлоемкость и, как следствие, компактность аппарата;
- 6) наличие полноценного эффективного охладителя конденсата на холодном ходу питательной воды;
- 7) референтность технологии изготовления.

Основное достоинство камерных ПВД состоит в использовании теплообменных труб меньшего диаметра (14, 16, 19 мм), что позволяет увеличить коэффициент теплопередачи вследствие меньшей толщины стенки трубы и улучшить массогабаритные показатели аппаратов.

Несмотря на ряд преимуществ, использование данной конструкции на ТЭС с параметрами острого пара более 12МПа невозможно, так как технически сложен процесс изготовления элементов ПВД, находящихся под этим давлением (водяная камера).

Основные недостатки ПВД-К типа:

- 1) увеличение массы по сравнению с существующими ПВД;
- 2) сложность выделения зоны ОП;
- 3) сложность сверления трубной доски;

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

4) сложность закрепления теплообменных труб при вертикальном сверлении отверстий.

Исходя из приведенного выше анализа достоинств и недостатков конструкций подогревателей высокого давления интерес представляет оценка целесообразности и эффективности замены существующих коллекторно-спиральных подогревателей высокого давления на камерные ПВД.

Для решения этой задачи необходимо разработать алгоритм проектного расчета и произвести проектные теплогидравлические расчёты подогревателей разного типа. В нашем случае это ПВД-КС и ПВД-К.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТИПОВ ПВД-К И ПВД-КС

5.1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение конкурентоспособности и рентабельности подогревателей высокого давления (ПВД) типов ПВД-К и ПВД-КС. Проведение сравнительного анализа экономических показателей исходного и заменяемого подогревателей согласно [Методические указания по выполнению организационно – экономического раздела ВКР для студентов ЭНИН].

5.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки с имеющимися аналогами и определить направления для ее будущего совершенствования. Целесообразнее проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 4.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i,$$

где K – конкурентноспособность инженерного решения или конкурента;

V_i - вес показателя (в долях единицы);

B_i - балл i -го показателя;

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{к1}	Б _{к2}	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Номинальный расход питательной воды	0,2	4	5	0,8	1
2. Удобство эксплуатации	0,1	5	5	0,5	0,5
3. Надежность	0,1	4	5	0,4	0,5
4. Уровень шума	0,01	3	3	0,03	0,03
5. Безопасность	0,1	5	5	0,5	0,5
6. Ремонтопригодность	0,05	4	5	0,2	0,25
7. Простота конструкции	0,05	5	5	0,25	0,25
8. Автоматизация процессов	0,05	5	5	0,25	0,25
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
10. Себестоимость ПВД	0,1	5	5	0,5	0,5
11. Срок эксплуатации	0,04	4	5	0,16	0,2
12. Обслуживание	0,1	5	5	0,5	0,5
Итого	1			4,09	4,48
Б _{к1} – баллы ПВД коллекторно-спирального (ПВД-КС), Б _{к2} – баллы ПВД камерного типа (ПВД-К).					

8.3. Расчёт капитальных вложений (инвестиций) подогревателя ПВД-К

8.3.1. Расчёт полной себестоимости подогревателя

$$C_{\text{пол}} = D \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot 2000 \cdot k_{\text{ПЕР}} =$$

$$= 1405,1 \cdot 0,47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 55 = 83,539,031 \text{ руб.},$$

где D=1405 т/ч – номинальный расход питательной воды проектируемого ПВД;

k_i – коэффициенты, учитывающие технические характеристики подогревателя при определении его себестоимости:

$k_1 = 0,47$ – номинальный расход питательной воды проектируемого ПВД;

$k_2 = 1$ – параметры пара;

$k_3 = 1$ – параметры п.в;

$k_4 = 1,15$ – способ поставки;

$k_5 = 1$ – вид топлива;

$k_6 = 1$ – компоновка ПВД;

$k_7 = 1$ – число корпусов;

$k_8 = 1$ – тип ПВД;

$k_{пер} = 55$ – коэффициент пересчета на современные цены.

Удельная себестоимость ПВД выбранного за основу расчета (руб./т/ч).

8.3.2. Капитальные вложения

$$K = C_{пол} + C_{пол} \cdot \frac{P_H}{100} + K_{ТР} + K_{ПОТ} + K_{СТР},$$

где $C_{пол}$ – полная себестоимость ПВД;

P_H – средняя рентабельность по подогревателю, составляет 20 % от полной себестоимости подогревателя;

$K_{ТР}$ – транспортно-заготовительные расходы, составляют 2 % от полной себестоимости подогревателя;

$K_{ПОТ}$ – сопутствующие затраты у потребителя;

$K_{СТР}$ – затраты на строительную часть у потребителя.

8.3.3. Транспортно-заготовительные расходы

$$K_{ТР} = 0,2 \cdot C_{пол} = 0,2 \cdot 83,539,031 = 16,707,806 \text{ руб.}$$

8.3.4. Расчет сопутствующих затрат у потребителя

$$K_{ПОТ} = K_M + K_{из} = 6,683,122 + 9,189,293 = 15,872,416 \text{ руб.}$$

где $K_M = 0,08 \cdot C_{пол} = 0,08 \cdot 83,539,031 = 6,683,122$ руб –затраты на монтаж подогревателя, выбираются в диапазоне 8÷10 %;

$K_{из} = 0,11 \cdot C_{пол} = 0,11 \cdot 83,539,031 = 9,189,293$ руб – затраты на съемную блочную теплоизоляцию подогревателя, обмуровку определяются косвенно от цены в диапазоне 10÷12 %.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

8.3.5. Затраты на строительную часть у потребителя

$$K_{СТР} = K_{зд} + K_{\phi},$$

где $K_{зд}$ – стоимость здания, приходящаяся на ПВД (турбинный цех);

K_{ϕ} – стоимость фундамента.

8.3.6. Расчет стоимости здания, приходящегося на ПВД

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{доп} \cdot Ц_{зд} \cdot h_{зд} = 30,6 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 12,22 = 897,437 \text{ руб.},$$

где $S_m = 2,4 \cdot 12,75 = 30,6 \text{ м}^2$ – площадь, занимаемая подогревателем;

$k_{доп} = 2$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

$h_{зд} = 12,22 \text{ м}$ – высота цеха (верхняя отметка ПВД + 5 ÷ 7 м);

$Ц_{зд} = 1200 \text{ руб.}$ – цена за квадратный метр.

8.3.7. Расчет стоимости фундамента

$$K_{\phi} = D \cdot k_{\phi} = 1405,1 \cdot 0,99 \cdot 10^4 = 13,910,292 \text{ руб.},$$

где k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние номинального расхода питательной воды на стоимость фундамента, определяется как $КПД \cdot 10^4$.

8.3.8. Расчет затрат на строительную часть у потребителя

$$K_{СТР} = 897,437 + 13,910,292 = 14,077,729 \text{ руб.}$$

8.3.9. Расчёт капитальных вложений

$$K = 83,539,031 + 83,539,031 \cdot \frac{20}{100} + 16,707,806 + 15,872,416 + 14,077,729 = 147,634,789 \text{ руб.}$$

8.4. Расчёт капитальных вложений (инвестиций) подогревателя ПВД-КС

8.4.1. Расчёт полной себестоимости подогревателя:

$$C_{пол} = D \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot 2000 \cdot k_{ПЕР} = 1405,1 \cdot 0,48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 55 = 85,316,458 \text{ руб.},$$

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

где $D=1405$ т/ч – номинальный расход питательной воды проектируемого ПВД;

k_i – коэффициенты, учитывающие технические характеристики подогревателя при определении его себестоимости:

$k_1 = 0,48$ номинальный расход питательной воды проектируемого ПВД;

$k_2 = 1$ – параметры пара;

$k_3 = 1$ – параметры п.в;

$k_4 = 1,15$ – способ поставки;

$k_5 = 1$ – вид топлива;

$k_6 = 1$ – компоновка ПВД;

$k_7 = 1$ – число корпусов;

$k_8 = 1$ – тип ПВД;

$k_{пер} = 55$ – коэффициент пересчета на современные цены. Удельная себестоимость ПВД выбранного за основу расчета (руб./т/ч).

8.4.2. Капитальные вложения

$$K = C_{пол} + C_{пол} \cdot \frac{P_H}{100} + K_{ТР} + K_{ПОТ} + K_{СТР},$$

где $C_{пол}$ – полная себестоимость ПВД;

P_H – средняя рентабельность по строению подогревателей, составляет 20 % от полной себестоимости подогревателя;

$K_{ТР}$ – транспортно-заготовительные расходы, составляют 2 % от полной себестоимости подогревателя;

$K_{ПОТ}$ – сопутствующие затраты у потребителя;

$K_{СТР}$ – затраты на строительную часть у потребителя.

8.4.3. Транспортно-заготовительные расходы

$$K_{ТР} = 0,2 \cdot C_{пол} = 0,2 \cdot 85,316,458 = 17,063,292 \text{ руб.}$$

8.4.4. Расчет сопутствующих затрат у потребителя

$$K_{ПОТ} = K_M + K_{из} = 6,825,317 + 9,384,810 = 16,210,127 \text{ руб.}$$

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

где $K_M = 0,08 \cdot C_{\text{пол}} = 0,08 \cdot 85,316,458 = 6,825,317$ руб – затраты на монтаж подогревателя, выбираются в диапазоне 8÷10 %;

$K_{\text{из}} = 0,11 \cdot C_{\text{пол}} = 0,11 \cdot 85,316,458 = 9,384,810$ руб – затраты на съемную блочную теплоизоляцию подогревателя, обмуровку определяются косвенно от цены в диапазоне 10÷12 %.

8.4.5. Затраты на строительную часть у потребителя

$$K_{\text{СТР}} = K_{\text{зд}} + K_{\phi},$$

где $K_{\text{зд}}$ – стоимость здания, приходящаяся на ПВД (турбинный цех);

K_{ϕ} – стоимость фундамента.

8.4.6. Расчет стоимости здания, приходящегося на ПГ

$$K_{\text{зд}} = S_m \cdot k_{\text{доп}} \cdot \Pi_{\text{зд}} \cdot h_{\text{зд}} = 42,6 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 12,2 = 1,248,200 \text{ руб.},$$

где $S_m = 3,8 \cdot 11,2 = 42,6 \text{ м}^2$ – площадь, занимаемая подогревателем;

$k_{\text{доп}} = 2$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

$h_{\text{зд}} = 12,22 \text{ м}$ – высота цеха (верхняя отметка ПГ+5÷7м);

$\Pi_{\text{зд}} = 1200 \text{ руб.}$ – цена за квадратный метр.

8.4.7. Расчет стоимости фундамента

$$K_{\phi} = D \cdot k_{\phi} = 1405,1 \cdot 0,99 \cdot 10^4 = 13,910,292 \text{ руб.},$$

где k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние номинального расхода питательной воды на стоимость фундамента, определяется как $\text{КПД} \cdot 10^4$.

8.4.8. Расчет затрат на строительную часть у потребителя

$$K_{\text{СТР}} = 1,248,200 + 13,910,292 = 15,158,492 \text{ руб.}$$

8.4.9. Расчёт капитальных вложений

$$K = 85,316,458 + 85,316,458 \cdot \frac{20}{100} + 17,063,292 + \\ + 16,210,127 + 15,158,492 = 150,811,659 \text{ руб.}$$

Результаты расчётов капиталовложений по подогревателям представлены в таблице 5.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

Таблица 5 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав инвестиций	ПВД-К		ПВД-КС	
	Значение, руб.	%	Значение, руб.	%
Себестоимость подогревателя	83,539,031	56,58	85,316,458	56,57
Затраты на монтаж	6,683,122,5	4,53	6,825,316,6	4,53
Затраты на теплоизоляцию	9,189,293,5	6,22	9,384,810,3	6,22
Стоимость строительства	14,807,729	10,03	15,158,492	10,05
Транспортно-заготов. расходы	16,707,806	11,32	17,063,292	11,31
Наценка на ПВД	15,872,416	10,75	16,210,127	10,75
Общие инвестиции	147,634,789	100	150,811,659	100

8.5. Расчёт годовых эксплуатационных расходов подогревателя ПВД-К

8.5.1. Годовые эксплуатационные расход питательной воды

$$I_{\text{год}} = I_a + I_{\text{т.р.}} + I_v + I_э + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{соц}},$$

где

I_a - амортизационные расходы;

$I_{\text{т.р.}}$ - затраты на текущий ремонт;

I_v - затраты на воду;

$I_э$ - затраты на электроэнергию (на собственные нужды);

$I_{\text{зп}}$ - заработная плата обслуживающего ПВД персонала;

$I_{\text{соц}}$ - отчисления на социальные цели;

$I_{\text{пр}}$ - прочие расходы.

8.5.2. Амортизационные отчисления

$$I_a = P_n \cdot K = 0,116 \cdot 147,634,789 = 17,125,635 \text{ руб.}$$

где $P_H = 0,116$ – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и на реновацию;

K – капитальные вложения.

8.5.3. Затраты на текущий ремонт

$$I_{т.р} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 17,125,635 = 3,425,127 \text{ руб.}$$

8.5.4. Затраты на воду

$$I_B = 0,1 \cdot D_{пв} \cdot h_{год} \cdot Ц_B = 0,1 \cdot 1405,1 \cdot 6500 \cdot 45 = 41,098,590 \text{ руб.}$$

где $D_{пв} = 1405,1$ т/ч – расход питательной воды;

$Ц_B = 45$ руб/м³ – стоимость воды с учетом химводоочистки;

$h_{год} = 6500$ – количество рабочих часов в году.

8.5.5. Затраты на электроэнергию

$$\begin{aligned} I_{э} &= N_{уст} \cdot h_{год} \cdot k_B \cdot k_{п} \cdot Ц_{э} + N_{уст} \cdot Ц_{кв} = \\ &= 300 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,82 + 300 \cdot 260 = 2,952,690 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где $N_{уст} = 300$ МВт – установленная мощность токоприемников ПВД;

$Ц_{э} = 1,82$ руб/кВт. ч – тариф на потребленную электроэнергию;

$k_B, k_{п} = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электроэнергии;

$Ц_{кв} = 260$ руб/год – стоимость кВт на заявленную мощность.

8.5.6. Заработная плата обслуживающего персонала и руководящего состава

Информация о количестве персонала и их заработной плате приведена в таблице 6.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

Таблица 6– Заработная плата персонала

Наименование должностей	Норма обслуживающего в смену ПВД/чел	Месячный оклад, руб/чел/мес	Месячный оклад на ПВД
Старший машинист	3	17000	51000
Машинист 4 разряда	2	16300	32600
Машинист 3 разряда	1	16000	16000
Машинист насосных установок	3	15700	47100
Машинист обходчик	3	15500	46500
Слесарь по ремонту оборудования	2	14200	28400
Дежурный слесарь	6	13800	82800
Дежурный электрик	6	13800	82800
Электросварщик	6	14000	84000
Газо-электросварщик	6	14100	84600
Газорезчик	6	14100	84600
Крановщик	6	13500	81000
Токарь	6	13800	82800
Кладовщик	3	12500	37500
Уборщица	3	7000	21000
Итого		211300	862700
Нач. цеха	1	19000	19000
Зам. нач. цеха	1	18200	18200
Нач. смены	3	17800	53400
Ст. мастер	1	16000	16000
Мастер	3	12000	36000
Итого		83000	142600
Всего		294300	1005300

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала, отнесенной на один подогреватель. Прямая заработная плата определится из штатного расписания и должностных окладов.

Расходы на содержание обслуживающего персонала являются одинаковыми для рассматриваемых подогревателей.

8.5.6.1. Расчет основной заработной платы обслуживающего персонала

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{осн}}^{\text{оп}} &= \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} \cdot (\text{К}_{\text{доп}} + \text{К}_{\text{прем}} + \text{К}_{\text{рк}}) = 862,700 \cdot (1,2 + 0,43 + 0,3) = \\ &= 1,665,011 \text{ руб,} \end{aligned}$$

где $\text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 862,700$ руб;

$\text{К}_{\text{доп}} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

$\text{К}_{\text{прем}} = 0,43$ – коэффициент, учитывающий премии;

$\text{К}_{\text{рк}} = 0,3$ – районный коэффициент.

8.5.6.2. Расчет дополнительной заработной платы обслуживающего персонала

$$\text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,08 \cdot \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 862,700 = 69,016 \text{ руб.}$$

8.5.6.3. Расчет общей заработной платы обслуживающего персонала

$$\text{ЗП}_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \text{ЗП}_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 1,665,011 + 69,016 = 1,734,027 \text{ руб.}$$

8.5.6.4. Расчет основной заработной платы руководящего персонала

$$\text{ЗП}_{\text{осн}}^{\text{рук}} = \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{рук}} \cdot (\text{К}_{\text{прем}} + \text{К}_{\text{рк}}) = 142,600 \cdot (0,43 + 0,3) = 104,098 \text{ руб,}$$

где $\text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 142,600$ руб;

$\text{К}_{\text{прем}} = 0,43$ – коэффициент, учитывающий премии;

$\text{К}_{\text{рк}} = 0,3$ – районный коэффициент.

8.5.6.5. Расчет дополнительной заработной платы руководящего персонала

$$\text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 \cdot \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{рук}} = 0,8 \cdot 142,600 = 11,408 \text{ руб.}$$

8.5.6.6. Расчет общей заработной платы руководящего персонала

$$\text{ЗП}_{\text{общ}}^{\text{рук}} = \text{ЗП}_{\text{осн}}^{\text{рук}} + \text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 104,098 + 11,408 = 115,506 \text{ руб.}$$

8.5.6.7. Расчет общей заработной платы

$$\text{ЗП}_{\text{общ}} = \text{ЗП}_{\text{общ}}^{\text{оп}} + \text{ЗП}_{\text{общ}}^{\text{рук}} = 1,734,027 + 115,506 = 1,849,533 \text{ руб.}$$

8.5.7. Отчисления на социальные цели

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 3\Pi_{\text{общ}} = 0,3 \cdot 1,849,533 = 554,860 \text{ руб.}$$

8.5.8. Прочие расходы

$$I_{\text{пр}} = (I_a + I_{\text{т.р}} + I_b + I_э + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц}}) \cdot 0,12 = (17,125,635 + 3,425,127 + 41,098,590 + 2,952,690 + 1,849,533 + 554,860) \cdot 0,12 = 8,040,772 \text{ руб.}$$

8.5.9. Расчёт годовых эксплуатационных расходов

$$I_{\text{год}} = 17,125,635 + 3,425,127 + 41,098,590 + 2,952,690 + 1,849,533 + 554,860 + 8,040,772 = 75,047,208 \text{ руб.}$$

8.6. Расчёт годовых эксплуатационных расходов подогревателя ПВД-КС

8.6.1. Годовые эксплуатационные расходы на производство пара

$$I_{\text{год}} = I_a + I_{\text{т.р}} + I_b + I_э + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{соц}}.$$

8.6.2. Амортизационные отчисления

$$I_a = P_n \cdot K = 0,116 \cdot 150,811,659 = 17,494,152 \text{ руб.}$$

8.6.3. Затраты на текущий ремонт

$$I_{\text{т.р}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 17,494,152 = 3,498,831 \text{ руб.}$$

8.6.4. Затраты на воду

$$I_b = 0,1 \cdot D_{\text{пв}} \cdot h_{\text{год}} \cdot \Pi_b = 0,1 \cdot 1405,1 \cdot 6500 \cdot 45 = 41,098,590 \text{ руб.}$$

где $D_{\text{пв}} = 1405,1 \text{ т/ч}$ – расход питательной воды;

$\Pi_b = 45 \text{ руб/м}^3$ – стоимость воды с учетом химводоочисти;

$h_{\text{год}} = 6500$ – количество рабочих часов в году.

8.6.5. Затраты на электроэнергию

$$I_э = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_b \cdot k_{\text{п}} \cdot \Pi_э + N_{\text{уст}} \cdot \Pi_{\text{кв}} = 325 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,82 + 325 \cdot 260 = 3,198,748 \text{ руб.}$$

где $N_{\text{уст}} = 325 \text{ МВт}$ – установочная мощность токоприемников ПВД;

$\Pi_э = 1,82 \text{ руб/кВт. ч}$ – тариф на потребленную электроэнергию;

$k_b, k_{\text{п}} = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электроэнергии;

$\Pi_{\text{кв}} = 260 \text{ руб/год}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8.6.6. Прочие расходы

$$I_{\text{пр}} = (I_{\text{а}} + I_{\text{т.р}} + I_{\text{в}} + I_{\text{э}} + I_{\text{зн}} + I_{\text{соц}}) \cdot 0,12 = (17,494,152 + 3,498,831 + 41,098,590 + 3,198,748 + 1,849,533 + 554,860) \cdot 0,12 = 8,123,366 \text{ руб.}$$

8.6.7. Расчёт годовых эксплуатационных расходов

$$I_{\text{год}} = 17,494,152 + 3,498,831 + 41,098,590 + 3,198,748 + 1,849,533 + 554,860 + 8,123,366 = 75,818,079 \text{ руб.}$$

Результаты расчётов эксплуатационных расходов по подогревателям представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	ПВД-К		ПВД-КС	
	Значение, руб.	%	Значение, руб.	%
Амортизационные отчисления	17,125,635	22,8	17,494,152	23,1
Затраты на текущий ремонт	3,425,127,1	4,56	3,498,830,5	4,61
Затраты на воду	41,098,590	54,8	41,098,590	54,2
Затраты на электроэнергию	2,952,690	3,9	3,198,747,5	4,2
Заработная плата	1,849,533	2,5	1,734,027	2,3
Отчисления на соц. цели	554,859,9	0,7	554,859,9	0,7
Прочие расходы	8,040,772,3	10,7	8,123,365,6	10,7
Итого	75,047,208	100	75,818,079	100

8.7. Экономическая оценка инвестиций на основе сравнения капиталовложений

Вначале используем метод приведенных затрат, чтобы провести анализ инвестиций, тем самым можно сделать оценку будущих денежных поступлений, согласно [Методические указания по выполнению организационно – экономического раздела ВКР для студентов ЭНИН].

$$Z = I + K \cdot r,$$

где I – годовые эксплуатационные издержки;

K – капиталовложения (инвестиции) в проект;

$r = 0,15$ – ставки дисконтирования;

Для ПВД-К типа приведенные затраты в год:

$$Z = 75,047,208 + 147,634,789 \cdot 0,15 = 97,192,426 \text{ руб/год,}$$

Для ПВД-КС типа приведенные затраты в год:

$$Z = 75,818,079 + 150,811,659 \cdot 0,15 = 98,439,828 \text{ руб/год,}$$

Теперь можно сказать, что затраты на подогреватель типа ПВД-КС больше, чем затраты на подогреватель типа ПВД-К:

$$Z_{\text{ПВД-КС}} > Z_{\text{ПВД-К}},$$

Другими словами можем сказать, что новый вариант подогревателя более эффективен, чем старый. В этом случае имеет место быть экономический эффект, который можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E} = Z_{\text{ПВД-КС}} - Z_{\text{ПВД-К}} = 98,439,828 - 97,192,426 = 1,247,401 \text{ руб/год}$$

Построим график зависимости экономического эффекта от ставки дисконтирования r , варьируя данной величиной от 0,07 до 0,2:

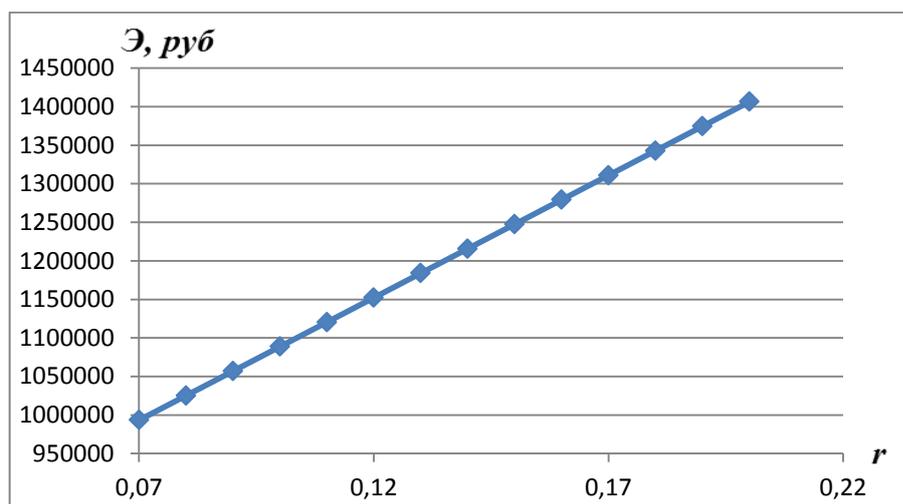


Рисунок 19 – График зависимости экономического эффекта от ставки дисконтирования r

Исходя из данных, приведённых в таблице 7, а также проведенного расчёта, можно сказать о том, что подогреватель типа ПВД-К обладает

большой конкурентоспособностью, так как он сравнительно дешевле с точки зрения затрат на эксплуатацию и ремонты чем подогреватель типа ПВД-КС. А так как результат сравнительных расчетов подогревателей показал, что подогреватели типа ПВД-К имеют сравнительно меньшую металлоёмкость, можно сделать заключение, что экономический расчет наделяет подогреватель камерного типа еще одним плюсом в сравнительной характеристике подогревателей.

					ФЮРА.311352.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38