

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

Институт: Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ПРОЕКТ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ КОНЕДСАЦИОННОГО ЭНЕРГОБЛОКА

УДК 621.311.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Черкасова Мария Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры АТЭС	Зайцев В.В.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Гусельников М.Э.	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	Вагнер М.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i>

	знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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

Институт Энергетический
Направление подготовки **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

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

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Черкасовой Марии Александровне

Тема работы:

Проект теплофикационной установки конденсационного энергоблока	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 №434/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Целью работы является разработка унифицированного проекта теплофикационной установки для конденсационных турбоагрегатов мощностью 200 МВт с использованием современного оборудования. Расчет теплофикационной установки на четыре режима.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию	1. Эксплуатация станций конденсационного типа 2. Принцип работы теплофикационной установки

<p>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>	<p>3. Описание турбины К-225-12,8-3Р 4. Отпуск теплоты от ТЭС 5. Расчет режимов работы сетевой установки 6. Выбор оборудования сетевой установки 7. Расчет технико-экономических показателей 8. Заключение</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация Принципиальная тепловая схема энергоблока Полная схема бойлерной План расположения оборудования в машинном зале</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Попова С.Н., доцент кафедры менеджмента</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гусельников М.Э., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Все разделы выполнены на русском языке</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры АТЭС	Зайцев В.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Черкасова М.А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 76 с., 14 рис., 19 табл., 17 источников.

Ключевые слова: теплофикационная установка, конденсационная турбина, горячее водоснабжение, сетевой подогреватель, сетевой насос.

Целью работы является разработка унифицированного проекта теплофикационной установки для конденсационных турбоагрегатов мощностью 200 МВт с использованием современного оборудования.

В процессе работы проводился расчет режимов работы теплофикационной установки с целью определения расхода пара из отборов турбины сверх регенерации. Рассматривались способы регулирования отпуска тепла на отопление и горячее водоснабжение. Проводился анализ комбинированной и раздельной выработки тепла и электроэнергии.

Так же было выбрано оборудование сетевой установки: подогреватели сетевой воды, сетевые насосы и конденсатные насосы для подачи дренажа подогревателей в линию основного конденсата турбины.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: сетевая установка работает по температурному графику 150⁰С/70⁰С.

В работе будут технико-экономические показатели и показатели эффективности инвестиций.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013, с использованием программы Компас 3D-V13.

Определения, обозначения и сокращения

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Конденсационная электростанция: Паротурбинные электростанции, вырабатывающие один вид энергии - электрическую, оснащенные турбинами конденсационного типа.

Редукционно-охладительная установка: Установка, предназначенная для снижения температуры и давления пара до значений, необходимых потребителю.

Тепловая сеть: Совокупность устройств (включая центральные тепловые пункты, насосные станции), предназначенных для передачи тепловой энергии, теплоносителя от источников тепловой энергии до теплопотребляющих установок.

Сетевая вода: вода, циркулирующая по тепловой сети.

Обозначения и сокращения

КЭС – конденсационная электростанция;

РОУ – редукционно-охладительная установка;

ГВС – горячее водоснабжение;

ПСВ – подогреватель сетевой воды;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль.

$t_{\text{нхм}}^{\text{ср}}$ - средняя температура наиболее холодного месяца, °С;

$t_{\text{от.сез.}}^{\text{ср}}$ - средняя температура за отопительный сезон, °С;

$t_{\text{н.расч}}$ – температура наружного воздуха, соответствующая наиболее холодной пятидневке, °С;

$t_{\text{н.с}}$ – температура прямой сети, °С;

$t_{\text{о.с}}$ – температура обратной сети, °С;

$t_{ном}$ – температура в помещении, °С;

$d_n, d_{вн}$ – наружный и внутренний диаметры трубок соответственно, м;

$G_{др}^{СП}$ – расход дренажа сетевых подогревателей, кг/с;

Q_T – тепловая мощность, МВт.

Оглавление

Введение	10
1. Электрические станции конденсационного типа.....	11
1.1. Принцип работы теплофикационной установки.....	12
1.2. Описание турбины К-225-12,8-3Р.....	15
2. Отпуск теплоты от ТЭС.....	20
3. Расчет режимов работы сетевой установки.....	24
3.1. Расчет сетевой установки при $t_{н.расч} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$	25
3.2. Расчет пароохладителя.....	27
3.4. Расчет сетевой установки при $t_{срот.сез.} = -8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$	31
3.5. Расчет горячего водоснабжения.....	33
4. Выбор оборудования сетевой установки.....	34
4.1. Расчет поверхности теплообмена и выбор сетевых подогревателей.....	34
4.2. Выбор сетевых насосов.....	48
4.3. Выбор дренажного насоса.....	50
5. Расчет технико-экономических показателей.....	51
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
7. Социальная ответственность.....	61
7.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации теплофикационной установки на станции.....	61
7.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	64
7.3. Экологическая безопасность.....	66
7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	68
7.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	69

Заключение.....	73
Список использованных источников.....	74
ФЮРА.311021.001 ТЗ «Принципиальная тепловая схема турбины К-225-12,8-3Р»;	
ФЮРА.311357.002 «Полная схема теплофикационной установки»;	
ФЮРА.311357.003 «План расположения оборудования в машинном зале».	

Введение

Конденсационная электрическая станция (КЭС) предназначена для отпуска электроэнергии, однако, процессе эксплуатации КЭС существует проблема отопления самой станции и, в ряде случаев, жилого поселка энергетиков.

Эту проблему возможно решить двумя способами:

- 1) получение потребителями тепла от котельной, работающей на низких параметрах, а электрической энергии от КЭС;
- 2) применение теплофикационной установки, которая использует в качестве теплоносителя пар из отборов турбины.

При реализации первого способа значительная часть энергии топлива не используется и выбрасывается в атмосферу. А при реализации второго КЭС будет иметь так же и тепловые нагрузки. Но при этом наблюдается снижение расхода топлива и повышается экономичность отпуска теплоты и электроэнергии потребителю. Экономический эффект в данном случае имеет место за счет снижения передачи теплоты в конденсатор турбины, а экономия топлива достигается за счет энергетических котлов с высокой работоспособностью пара по сравнению с паром котлов низких параметров.

В данной работе необходимо определить мощность теплофикационной установки, которую можно соорудить для указанной турбины при допустимых отборах пара сверх регенерации.

Для разработки данного проекта выбрана турбина К-225-12,8, наиболее распространенная в России, которая является усовершенствованной моделью турбин серии К-200.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Черкасовой Марии Александровне

Институт	ЭНИН	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Тепловые электрические станции

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Капитальные вложения на строительство теплофикационной установки</i>	<i>Стоимость поверхностных подогревателей 2000000*4=8000000 руб.; пластинчатого подогревателя 500500 руб.; сетевых насосов 1500000*2=3000000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Обосновывающие материалы к схемам теплоснабжения г. Томска до 2030 г (актуализация на 2016 г.)</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды – 30 % от оплаты труда; накладные расходы – 200 % от размера заработной платы; прочие расходы – 10 % от затрат на выполнение работ по строительству установки.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения работ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет экономии топлива от внедрения теплофикационной установки на конденсационный энергоблок</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета</i>	<i>Оценка капитальных вложений, расчет эксплуатационных затрат, затрат на недовыработку мощности</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Черкасова М.А.		

1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

На основании расчетов, представленных в п. 5 произведем расчет эффективности инвестиций в сооружение теплофикационной установки.

1.1. Расчет годовых эксплуатационных расходов

Годовые издержки производства и реализации оборудования, руб/год:

I_T – топливные издержки;

I_A – издержки на амортизацию оборудования;

$I_{зн}$ - заработная плата обслуживающего персонала;

$I_{сн}$ -отчисления на социальные нужды;

$I_{Э}$ – затраты на электроэнергию (собственные нужды)

$I_{пр}$ - прочие расходы.

$$I_{год} = I_T + I_A + I_{зн} + I_{сн} + I_{пр} \quad (20)$$

Годовые затраты на топливо при конденсационном режиме

$$I_T^{конд} = B_{конд}^{год} \cdot C_T = 380250 \cdot 2000 = 760500000 \frac{руб}{год}.$$

Годовые затраты на топливо при теплофикационном режиме

$$I_T^{ГФ} = B_{ГФ}^{год} \cdot C_T = 360842,2 \cdot 2000 = 721684400 \frac{руб}{год}, \text{ где}$$

$B^{год}$ - годовой расход натурального топлива, т/год;

C_T – цена твердого топлива, руб/т.

Стоимость теплофикационной установки была определена на основании данных по проекту аналогу [13].

Экономия на отказе от покупки тепла

$$Q_{отопл} = Q_{общ}^{год} \cdot C_{тепл}, \text{ где} \quad (21)$$

$C_{тепл} = 1143 \text{ руб} / \text{Гкал}$ – тариф на отпуск тепловой энергии [13].

Затраты на недовыработку мощности

$$П_{Э} = N_{НВ}^{год} \cdot C_{ЭЭ}, \text{ где} \quad (22)$$

$C_{\text{ЭЭ}} = 1,41 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ – тариф на отпущенную электроэнергию [13].

Чистый доход от реализации проекта

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{\text{отопл}} - \Pi_{\mathcal{E}} - I_{\text{год}}. \quad (23)$$

Составляющие формулы 23 описаны в таблице 15.

Таблица 15 – Денежный поток реализации проектного решения

Наименование статей	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Кап. вложения, млн. руб.	35,2								
Затраты, связанные с эксплуатацией теплофикационной установки, млн руб/год	$I_{\text{год}}$	206,9	226,4	247,2	264,8	272,9	281,7	293,5	304,4

Продолжение таблицы 15

Отпуск тепла, ГВт·ч/год	Q_T	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3	188,3
Тариф на тепловую энергию, руб./Гкал		1217	1555,5	1701,7	1858,3	1990,2	2051,9	2117,6	2206,5	2288,2
Себестоимость, руб./Гкал		1143	1318,8	1442,8	1575,5	1687,4	1739,7	1795,3	1870,7	1940,0
Экономия на отказе о покупки тепла, млн. руб/год	$\Delta_{\text{отопл}}$	292,9	320,4	349,9	374,8	386,4	398,7	415,5	430,9	
Потери электроэнергии в результате ввода теплофикационной установки (недовыработка), млн. руб. год	P_{Σ}	75,5	83,0	90,8	99,2	106,2	109,5	113,0	117,8	
Чистый доход от реализации мероприятий, млн. руб/год	Δ_{Σ}	-31,0	-34,3	-37,6	-42,2	-47,4	-48,8	-49,8	-49,8	-52,2
Дефляторы*	I_y	107,6	106,9	104,6	101,6	103,9	106	103,4	104	103,4
	$I_{TЭ}$	110	109,9	109,4	109,2	107,1	103,1	103,2	104,2	103,7
	$I_{ЭЭ}$	111	110	109,9	109,4	109,2	107,1	103,1	103,2	104,2

*Дефляторы представлены на основании источника [13].

Дисконтированная величина экономии о реализации мероприятий

$$\mathcal{E}_{\Sigma 0} = \sum_{t=1}^n \frac{\mathcal{E}_{\Sigma t}}{(1+r)^t}, \text{ где} \quad (24)$$

t – номер года;

r = 6 % - норма дисконтирования.

Чистая приведенная стоимость

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\mathcal{E}_{\Sigma t}}{(1+r)^t} - K, \text{ где} \quad (25)$$

K – кап. вложения, руб.

Таблица 16 – Приведенные затраты и доходы при норме дисконтирования

r=6%

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Дисконтированная величина экономии о реализации мероприятий, млн. руб./год	$\mathcal{E}_{\Sigma d}$	-29,2	-30,5	-31,6	-33,4	-35,4	-34,4	-33,1	-32,8
Кап. затраты, млн. руб	35,2								
Чистая приведенная стоимость, млн. руб/год	NPV	-66,2	-100,4	-138,0	-180,2	-227,6	-276,4	-326,2	-276,6

В данном разделе рассчитали бюджет проекта с учетом дефляторов.

На восьмом году эксплуатации можно наблюдать тенденции к снижению чистой приведенной стоимости, т.е. срок окупаемости предположительно составит 15 лет, т.к. цены на электроэнергию растут значительно быстрее, чем цены на тепловую энергию.