

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

Институт: Электронного обучения
Специальность: 140101 Тепловые электрические станции
Кафедра: Атомных и тепловых электростанций

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
ПРОЕКТ ГТУ-ТЭЦ мощностью 45 МВт

УДК 621.311.22:697.34.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6302	Сериков Антон Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АТЭС	Антонова А.М.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	А.А. Фигурко	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Автоматизация технологических процессов и производств»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель ка- федры автоматизации тепло- энергетических процес- сов	Ю.К. Атрошенко	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель ка- федры атомных и теп- ловых электростанций	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт Энергетический институт (ЭНИН)
Специальность 140404 Атомные электрические станции и установки
Кафедра Атомных и тепловых электростанций (АТЭС)

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-6302	Сериков Антон Владимирович

Тема работы:

Проект ГТУ – ТЭЦ мощностью 45 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28 мая 2016 года
--	-------------------------

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>	1. Данные завода-изготовителя ГТУ,, специальной справочной и периодической литературы. 2. Спроектировать ГТУ-ТЭЦ на базе ГТУ Siemens SGT-800.
--	---

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>	1. Введение 2. Обоснование проектирования. 3. Выбор схемы и параметров ГТУ-ТЭЦ. 4. Выбор характерных режимов. 5. Расчет тепловой схемы ГТУ-ТЭЦ. 6. Расчет котла-утилизатора. 7. Технический расчет трубопроводов. 8. Автоматическая система регулирования (АСР) температуры перегретого пара. 9. Вопросы компоновки. 10. Социальная ответственность. 11. Расчёт основных технико-экономических показателей проектируемой ГТУ-ТЭЦ. 12. Заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Развернутая теплотехнологическая схема энергоблока – 1 лист формата А1. 2. Компоновка главного корпуса – 1 лист формата А1. 3. Поперечный разрез главного корпуса 1 листа формата А1. 4. Схема КИПиА – 1 лист формата А1. 5. Чертеж котла-утилизатора 1 лист формата А1. 6. Чертеж пикового бойлера 1 лист формата А1.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры Менеджмента, Фигурко А.А.
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, Сечин А.А.
Автоматизация технологических процессов	Старший преподаватель Атрошенко Ю.К.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21 июля 2015 года
--	---------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АТЭС	Антонова А.М.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

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



Институт	Электронного обучения
Направление подготовки (специальность)	140101 Тепловые электрические станции
Уровень образования	Специалист
Кафедра	Атомных и тепловых электростанций
Период выполнения	весенний семестр 2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
З-6302	Сериков Антон Владимирович

Тема работы:

Проект ГТУ-ТЭЦ мощностью 45 МВт	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	10.03.2016 , №1814/С

Форма представления работы:

<i>Дипломный проект (работа)</i>

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме 2. Описание рабочего места , машиниста – обходчика турбинного оборудования, на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеопараметры, 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)
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1. Выписки из трудового кодекса основных понятий; 2. Анализ условий труда в турбинном цеху в следующей последовательности: – физико-химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 3. Электробезопасность. 4. Характеристика пожарной опасности в ТЦ, возможные причины пожара. 5. Особенности тушения пожаров в турбогенераторах. 6. Профилактические мероприятия, направленные на предупреждение пожаров в ТЦ. 7. Охрана окружающей среды: – защита водоемов от сточных вод; – выбросы в окружающую среду; – мероприятия направленные на уменьшение выбросов NOx;
Перечень расчётного и графического материала	Расчет изоляции паропровода.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологий и безопасности жизнедеятельности	А.А. Сечин	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6302	Сериков Антон Владимирович		

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



Институт	Электронного обучения
Направление подготовки (специальность)	140101 Тепловые электрические станции
Уровень образования	Специалист
Кафедра	Атомных и тепловых электростанций
Период выполнения	весенний семестр 2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
3-6302	Сериков Антон Владимирович

Тема работы:

Проект ГТУ-ТЭЦ мощностью 45 МВт	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	10.03.2016 , №1814/С

Форма представления работы:

<i>Дипломный проект (работа)</i>

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	1. Удельные затраты на строительство электрогенерирующего оборудования. 2. Удельные расходы условного топлива, количество отпущенного тепла и электроэнергии которые были определены в расчетной части диплома. 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений (Согласно действующему Налоговому Кодексу РФ).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1.Расчёт основных технико-экономических показателей проектируемой конденсационной парогазовой электростанции. 2.Расчёт себестоимости единицы электроэнергии. 3. Расчёт срока окупаемости капитальных вложений по проекту ГТУ-ТЭЦ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко А.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6302	Сериков Антон Владимирович		

РЕФЕРАТ

Текст 86 страниц, 6 рисунков, 13 таблиц, 20 источников, 3 приложения, 6 листов графического материала.

ГАЗОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА, КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР, ТЕПЛОВАЯ СХЕМА, КОНСТРУКТОРСКИЙ РАСЧЕТ, ТРУБОПРОВОД.

Проект посвящен вопросу строительства новых электрогенерирующих мощностей с высокой экономической и производственной эффективностью.

Целью дипломного проекта является разработка ГТУ-ТЭЦ на базе газотурбинной установки, а также разработка тепловой схемы и выбор основного оборудования удовлетворяющие современные технологические и экономические требования.

В процессе разработки проекта были проведены: тепловой расчет ГТУ, тепловой, конструкторский и аэродинамический расчет котла-утилизатора. Технико-экономические расчеты. Рассмотрены вопросы автоматизации и социальной ответственности.

Проведен анализ экономической составляющей проекта, который показал низкую себестоимость электроэнергии и быструю окупаемость проекта.

Пояснительная записка выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2010, чертежи в графическом редакторе Компас.

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	10
1 Обоснование проектирования.....	12
1.1 Характеристика населенного пункта.....	12
1.2 Потребители тепла.....	12
1.3 Оптимальные температурные графики отпуска тепловой энергии.....	13
1.4 Проблемы организации надежного и качественного теплоснабжения.....	14
1.5 Цели и задачи дипломного проектирования.....	15
2 Выбор схемы и параметров ГТУ-ТЭЦ.....	16
2.1 Газотурбинная теплоэлектроцентраль.....	16
2.2 Выбор тепловой схемы.....	18
2.3 Газотурбинная установка. Технические характеристики.....	19
3 Выбор характерных режимов	24
4 Расчет тепловой схемы ГТУ.....	25
4.1 Тепловой расчет газотурбинной установки (ГТУ).....	25
5 Расчет котла-утилизатора.....	33
5.1 Обоснование выбора КУ.....	33
5.2 Расчет тепловой схемы КУ.....	34
5.3 Конструкторский расчет КУ.....	39
5.4 Аэродинамический расчет КУ.....	43
6 Технический расчет трубопроводов.....	45
6.1 Гидравлический расчет трубопроводов.....	45
6.2 Механический (прочностной) расчет трубопроводов.....	47
6.3 Расчет изоляции трубопровода.....	49
7 Автоматическая система регулирования (АСР) температуры перегретого пара.....	53
7.1 Выбор структуры АСР.....	53

7.2 Разработка функциональной схемы АСР.....	54
7.3 Выбор технических средств АСР.....	56
8 Вопросы компоновки.....	59
8.1 Компоновки ГТУ.....	59
8.2 Компоновка главного корпуса ГТУ-ТЭЦ.....	59
9 Социальная ответственность.....	61
10 Расчёт основных технико-экономических показателей проектируемой ГТУ-ТЭЦ.....	76
Заключение.....	84
Список использованных источников.....	85
Приложение А.....	87
Приложение Б.....	88
Приложение В.....	89
Графический материал:	

ФЮРА. 311125.002 ТЗ Развернутая тепловая схема ГТУ-ТЭЦ	На отдельном листе А1
ФЮРА. 311125.003 МЧ Компоновка главного корпуса	На отдельном листе А1
ФЮРА. 311125.004 МЧ Поперечный разрез главного корпуса	На отдельном листе А1
ФЮРА.421000.005 С2 АСР температуры перегретого пара	На отдельном листе А1
ФЮРА. 311271.006 ВО Котел-утилизатор. Конструкторский чертеж	На отдельном листе А1
ФЮРА. 311356.007 ВО Подогреватель сетевой воды ПСГ-200-14-23	На отдельном листе А1

Введение

В современных условиях существует множество причин, по которым ориентация на централизованное теплоэнергоснабжение от крупных источников становится всё более проблематичным. Среди них нехватка средств для восполнения отработавших свой ресурс генерирующих мощностей, физический износ электрооборудования и электрических сетей, высокий уровень инфляции, отсутствие технологических возможностей для подключения новых электропотребителей.

Особенно сильно эти факторы проявляются в случае удалённого электропотребителя с малым и средним уровнем электропотребления, для которого приходится сооружать распределительные сети большой протяженности (например, сельские и пригородные населенные пункты). Проблема так же актуальна и для крупных динамично развивающихся районов энергопотребления с дефицитом генерирующих мощностей или устаревшими сетями, где подключение новых потребителей к общей электросети становится крайне дорогим. В таких условиях становится всё более актуальным строительство децентрализованных ТЭС, устанавливаемых как на уже существующих объектах энергоснабжения, так и на вновь возводимых. ТЭС изготавливаются на базе промышленных газотурбинных установок (ГТУ). Актуальность ТЭС обусловлена рядом преимуществ, основными из которых являются:

- короткие сроки изготовления (строительство станции полной заводской готовности мощностью 30 МВА составляет 14÷16 месяцев);
- повышение уровня надёжности тепло- и электроснабжения потребителей;
- высокий уровень экологической безопасности, характеризующийся уровнем вредных выбросов, который для современных ГТУ – до 25 см³/м³, а также уровнем шума не более 85 дБ на расстоянии в один метр;

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- высокая степень экологичности позволяет устанавливать в непосредственной близости от потребителя позволяя сократить протяжённость электрических и тепловых сетей;
- высокая степень автоматизации процесса эксплуатации позволяет отказаться от постоянного обслуживающего персонала;
- современные ТЭС проектируются на самые различные виды топлива, среди которых попутный нефтяной газ (ПНГ), биогаз, природный газ, керосин, дизельное топливо;
- существуют двухтопливные ГТУ, способные автоматически осуществлять переход от одного вида топлива на другой, что повышает бесперебойность энергоснабжения;
- срок эксплуатации составляет 15÷25 лет для ГТУ, при этом сроки возврата инвестиций составляют 3÷5 лет;
- низкая себестоимость выработанной тепло- и электроэнергии, обусловленная использованием дешёвых видов топлива, отсутствием постоянного оперативного персонала и малыми потерями в сетях;
- ТЭС имеют модульное исполнение, что освобождает от необходимости сооружения стационарного здания, сокращает затраты на общую строительную часть и время монтажа станции.

1. Обоснование проектирования.

1.1 Характеристика населенного пункта

Город Асино – районный центр, основан в 1896 г., статус города областного подчинения получил в 1937 г. Расположен на юго-востоке Томской области, в южной части района Асиновского района на левом берегу реки Чулым, в 100 км от административного центра области – Томска.

Население города на 1 января 2012 г. составило 25,051 тыс. чел. Площадь города— 0,09 тыс. км², плотность населения в городе 278 человек на 1 кв.км.

Климатические условия характеризуются следующими температурами воздуха, принятыми по ТСН 23-316-2000 Томской области, СНиП 23-01-99:

- Средняя за год – (- 0,5 °С);
- Средняя максимальная наиболее холодного месяца – (- 19,1 °С);
- Средняя максимальная наиболее жаркого месяца – (+ 18,3 °С);
- Расчетная температура для отопления – (- 41 °С);
- Средняя за отопительный период – (- 8,8 °С);

Продолжительность отопительного периода при среднесуточной температуре воздуха ниже 8 °С – 239 суток (5 736 часов). Продолжительность периода со среднесуточной температурой менее 0 °С – 179 суток (4296 часов). Число градусо-суток – 7 194, где градусо-сутки определяются как (20 °С -(-9,1 °С))· 239.

Параметры пара $p_p=1,47$ МПа, $t_p=350$ °С;

Топливо: природный газ.

1.2 Потребители тепла

Объектами систем коммунального теплоснабжения является многоквартирный жилищный фонд, незначительная часть (3,7%) индивидуального жилищного фонда, расположенного в зонах действия источников, здания бюджетной сферы и сферы обслуживания.

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Организация горячего водоснабжения потребителей осуществляется в основном по закрытой схеме с использованием установленных на теплоисточниках водоподогревателей (исключение - котельные МПМК, ДРСУ, ЦРБ).

Подключение систем отопления к тепловой сети – зависимое, без снижения потенциала теплоты. Регулирование отпуска теплоты – качественное по отопительной нагрузке.

Зоны действия ведомственных котельных охватывают объекты производственного назначения, рассредоточены по городской территории. Суммарная установленная мощность производственных теплоисточников по состоянию на 01.01.2014. составляет 58,2 Гкал/час, присоединенная нагрузка 22,4 Гкал/час.

Значительная территория города не охвачена централизованным теплоснабжением характеризуются малоэтажной индивидуальной застройкой. Здесь осуществляется автономное теплоснабжение на базе твёрдотопливных (угольных и дровяных) печей.

Индивидуальный жилищный фонд города на 96% обеспечен местным печным отоплением. Для нужд отопления 244 тыс. кв. м индивидуального жилищного фонда (31,68 Гкал тепловой энергии за 2014 год) использовано 11,3 тыс. тонн условного топлива, в основном дров.

1.3 Оптимальные температурные графики отпуска тепловой энергии

В соответствии со СНиП 41-02-2003 регулирование отпуска теплоты от источников тепловой энергии предусматривается качественное по нагрузке отопления или по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения согласно графику изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха.

На котельных ООО «АТЭК» и ООО «СИС» осуществляется центральное качественное регулирование отпуска тепла по отопительной нагрузке. Регулирование посредством изменения температуры сетевой воды на

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

источнике в соответствии с температурным графиком при постоянном расходе теплоносителя обеспечивает поддержание заданной температуры в отапливаемых помещениях независимо от изменения температуры наружного воздуха. Утверждённый температурный график по ООО «АТЭК» - 75/58 °С, по ООО «СИС» – 75/58 °С. В месте с тем, существующие системы отопления были рассчитаны на параметры тепловой сети 95-70 °С.

В настоящее время системы теплоснабжения городского поселения работают в нерасчётном режиме с пониженным температурным графиком отпуска тепловой энергии и нерасчётным расходом теплоносителя, что приводит к невосполнимому технологическому ущербу, и в конечном итоге к экономическому ущербу, как для потребителей, так и для производителей тепла.

Конечными показателями качества услуг отопления являются параметры микроклимата помещений: температура внутреннего воздуха и кратность воздухообмена.

Недоотпуск тепла негативно сказывается на параметрах микроклимата зданий – имеет место либо снижение температур внутреннего воздуха, либо снижение воздухообмена в помещениях. На практике потребители чаще всего в этом случае идут на ограничение воздухообмена, либо увеличивают площади поверхности отопительных приборов и тем самым обеспечить комфортные температурные условия.

Можно сделать вывод, применяемые температурные графики регулирования не являются обоснованными, после проведения работ по реконструкции системы целесообразно осуществить переход на стандартный температурный график 130/70 °С.

1.4 Проблемы организации надежного и качественного теплоснабжения

Основными проблемами организации надежного и качественного теплоснабжения на территории муниципального образования являются:

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1. Дефицит мощности по отдельным котельным.
2. Отсутствие систем водоподготовки на источниках.
3. Отсутствие резервирования внешних источников ресурсоснабжения (вода, электроэнергия) на котельных.
4. Нерасчётный режим работы систем с пониженным температурным графиком отпуска тепловой энергии.
5. Превышение расхода сетевой воды от расчетных значений.
6. Нарушение гидравлического режима работы тепловых сетей.
7. Высокая степень износа трубопроводов тепловых сетей и как следствие высокая аварийность.
8. Отсутствие долгосрочных программ развития теплоснабжения.

1.5 Цели и задачи дипломного проектирования

Целью дипломного проекта является разработка ГТУ-ТЭЦ на базе газотурбинной установки, а также разработка тепловой схемы и выбор основного оборудования удовлетворяющие современные технологические и экономические требования. Главной задачей при проектировании является покрыть дефицит мощности, а также обеспечить качественное теплоснабжение.

2. Выбор схемы и параметров ГТУ-ТЭЦ

2.1 Газотурбинная теплоэлектроцентраль.

Газотурбинная теплоэлектроцентраль (ГТУ-ТЭЦ) – теплосиловая установка, служащая для совместного производства электрической энергии в газотурбинной установке и тепловой энергии в котле-утилизаторе.

Единичный агрегат ГТУ-ТЭЦ состоит из газотурбинного двигателя, электрогенератора и котла-утилизатора. При работе газовой турбины образующаяся механическая энергия идёт на вращение генератора и выработку электроэнергии, а неиспользованная тепловая — для подогрева теплоносителя в котле. Комплексное использование энергии топлива для электрогенерации и отопления позволяет, как и для всякой ТЭЦ в сравнении с чисто электрической станцией, увеличить суммарный КПД установки примерно с 30 до 90 %.

Оптимальная частота вращения газовой турбины превышает необходимую для непосредственной выработки тока промышленной частоты, поэтому в составе электрогенерирующей части агрегата присутствует либо понижающий механический редуктор, либо статический электронный преобразователь частоты.

В оборудование ГТУ-ТЭЦ также входят система газоподготовки (осушение, механическая очистка, буферное хранение), электрический распределительный узел, устройства охлаждения генераторов, система автоматического управления и др.

В сравнении с паротурбинными тепловыми электростанциями ГТУ ТЭЦ требуют меньших суммарных капитальных затрат при возведении, более просты в обслуживании. Они не имеют котлов высокого давления, не требуют специальных охлаждающих устройств для сброса избыточной тепловой энергии, мощность на единицу массы у них значительно выше. В то же время мощность единичного агрегата ГТУ ТЭЦ ограничена более тяжёлыми условиями работы турбины. ГТУ ТЭЦ не может использовать тяжёлое и твёрдое топливо, возможности оптимизации процесса сгорания на паровой ТЭЦ шире.

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В сравнении с крупными газопоршневыми станциями ГТУ ТЭЦ отличается гораздо большим ресурсом, но при этом дороже и требует более квалифицированного обслуживания. Газовая турбина менее требовательна к горючим качествам газа, чем поршневая машина, и более экологически чиста.

По соотношению вырабатываемой электрической энергии к тепловой ГТУ ТЭЦ, как правило, проигрывает другим типам станций.

К недостаткам ГТУ-ТЭЦ можно отнести высокую шумность. Шум вблизи станции может достигать 110 дБ, что сравнимо с шумом от самолёта. В отсутствие шумоизоляции, шум от станции распространяется на расстояние 3 км, с шумоизоляцией около от 1,5 до 2 км.

Строительство ГТУ ТЭЦ оправдано в случае необходимости быстрого введения локальных генерирующих и отопительных мощностей при минимизации начальных затрат: увеличение мощности или реконструкция сетей масштаба микрорайона, посёлка, небольшого города, основание новых населённых пунктов, особенно в сложных для строительства условиях. Всё, что необходимо для работы станции — лишь наличие стабильного газоснабжения; крайне желателен достаточный спрос на тепловую энергию.

Совершенствование технологии газотурбинных агрегатов удешевляет их производство и эксплуатацию и значительно продляет ресурс. Применение бесконтактных подшипников (магнитных, газодинамических), совершенствование материалов, работающих в пламени, снижение тепловой напряжённости крупных турбин позволяет добиться наработки 60-150 тыс.ч. до замены основных изнашивающихся деталей и межсервисного интервала порядка года. В настоящее время разработаны и серийно выпускаются как мощные тихоходные (6 тыс. об/мин) энергетические турбины для капитальных стационарных ГТУ ТЭЦ, так и компактные турбоагрегаты с высокой частотой вращения (около 100 тыс. об/мин) и высокочастотными генераторами в законченном «контейнерном» исполнении, также в той или иной мере пригодные в качестве основного источника энергоснабжения населённого пункта.

Технологическое совершенство современных газотурбинных агрегатов в известной мере снимает барьер, заставивший на заре электроэнергетики ввести в турбогенератор «лишнюю» паровую ступень. Всё это вместе с увеличением спроса на локальные мощности способствует распространению ГТУ ТЭЦ из газоносных районов с суровым климатом и сложными условиями строительства во всё более обширные умеренные области, где при дешёвом газоснабжении ощущается возрастающий недостаток электроэнергии, а наращивание мощности централизованных сетей нецелесообразно по экономическим или организационным соображениям.

2.2 Выбор тепловой схемы

Принципиальная тепловая схема (ПТС) ГТУ-ТЭЦ¹ представлена на рисунке 1.

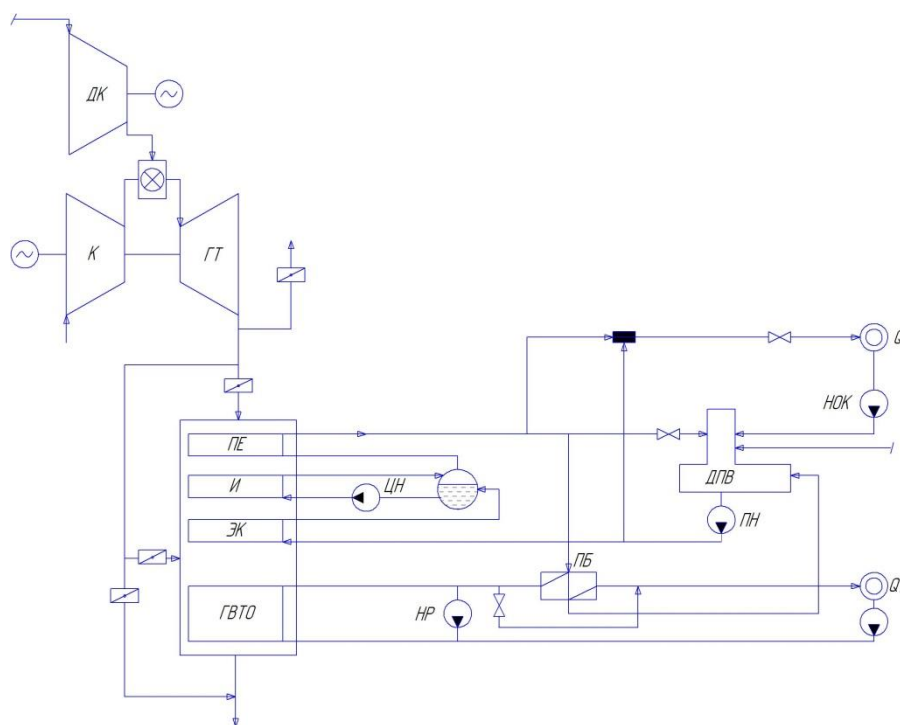


Рисунок 1 - Принципиальная тепловая схема промышленно-отопительной ГТУ-ТЭЦ.

¹ Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 584 с.: ил. раздел 10.4

ТЭЦ включает в себя одну газовую турбину фирмы Siemens SGT-800 мощностью 45 МВт и котел-утилизатор. После ГТУ выхлопные газы поступают в КУ, где подогревается сетевая вода и генерируется технологический пар. При автономной работе ГТУ её выхлопные газы можно сбрасывать через байпасную дымовую трубу в атмосферу.

Установка содержит: экономайзер, испарительную часть с циркуляционным насосом рабочей среды, барабан в котором, при разделении пароводяной смеси пар поступает в пароперегреватель. Из пароперегревателя перегретый пар поступает потребителю. Вследствие изменения параметров выхлопных газов ГТУ (за счет изменения температуры наружного воздуха), будут меняться параметры перегретого пара, поэтому, для поддержания заданной температуры пара, предусматривается впрыск питательной воды, далее отбираемой за питательным насосом.

Деаэратор питательной воды работает на паре КУ. Деаэратор обеспечивает подогрев и деаэрацию обратного конденсата производства, в него поступает также добавочная вода для восполнения потерь и конденсат греющего пара пикового бойлера.

Так же в тепловую схему входит газоводяной теплообменник (ГВТО), в котором за счет нагрева сетевой воды отопительной системы происходит охлаждение дымовых газов КУ. Для стабилизации температуры сетевой воды на входе в КУ, предусмотрен насос рециркуляции (НРц) в части ГВТО. Для улучшения регулировочных характеристик ГТУ-ТЭЦ, в схему введен пиковый подогреватель сетевой воды, который работает на перегретом паре.

Развернутая тепловая схема (РТС) представлена на листе 1 графической части дипломного проекта.

2.3 Газотурбинная установка. Технические характеристики.

В качестве основного оборудования выбрана газотурбинная установка (ГТУ) Siemens SGT-800. Siemens SGT-800(GTX100) – современная одновальная ГТУ мощностью 45 МВт и КПД 37%. В концепции ГТУ воплощены все самые

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

передовые технологии и разработки компании. Компрессор трансзвукового типа имеет 15 ступеней, для достижения высокой эффективности используется фирменная технология управляемой диффузорности межлопаточных каналов. Первые три ступени – с изменяемой геометрией.

В кольцевой камере сгорания расположено 30 горелок с сухим подавлением эмиссии вредных выбросов (3-го поколения). Трехступенчатая турбина с воздушным охлаждением первых двух ступеней выполнена в виде единого модуля – для облегчения технического обслуживания. Лопатки первой ступени – монокристаллические, что обеспечивает высокую прочность и длительный срок службы. Для уменьшения зазоров предусмотрено воздушное охлаждение фланцев статора турбины. Принципы регулирования турбины позволяют сохранять высокие показатели тепловой экономичности при работе на частичных нагрузках.

Турбина SGT-800 оборудована эффективной двухтопливной системой сухого подавления выбросов («DLE»), которая позволяет свести к минимуму выбросы NO_x и обеспечить соблюдение как мировых, так и региональных норм, регламентирующих выбросы.

Поскольку специалисты по техобслуживанию принимали активное участие уже на стадии проектирования турбины, это обеспечило простоту техобслуживания и низкие затраты на техобслуживание. Обслуживание SGT-800 может производиться как на месте, так и в местной мастерской.

SGT-800 является оптимальным вариантом для работы в составе установок комбинированного цикла. Различная конфигурация парогазовых установок (моноблоки, дубль-блоки и т. д.) позволяет покрывать большой диапазон требуемых нагрузок с КПД нетто 53...53,5%.

На базе ряда газовых турбин Siemens разработаны парогазовые установки различной конфигурации, которые могут использоваться как на теплофикационных, так и на конденсационных электростанциях.

Вышесказанное, в сочетании с прочной, одновальной компоновкой, обеспечивает высокий коэффициент эксплуатационной готовности. Основными

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

факторами, определяющими затраты на жизненный цикл энергоблока, являются затраты на топливо и техническое обслуживание. При снижении затрат на топливо увеличивается удельный вес затрат на техобслуживание, а при росте цен на топливо, важнейшим фактором становится КПД.

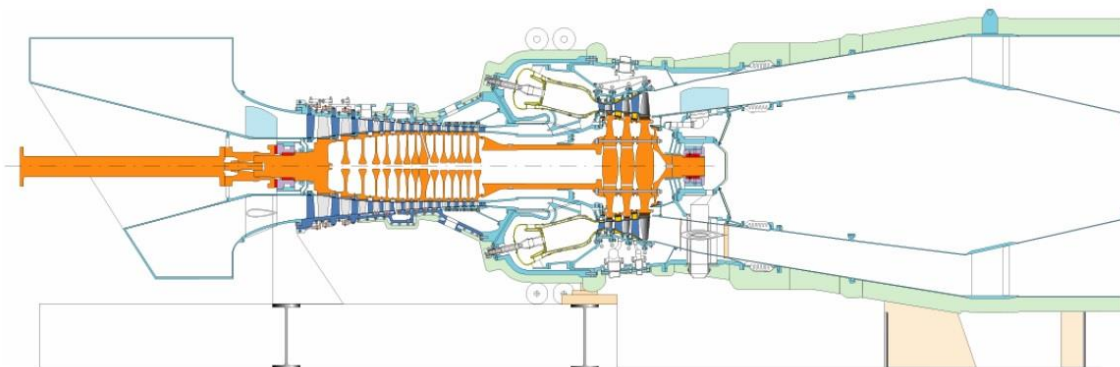


Рисунок 2 – Продольный разрез ГТУ SGT-800 [2].

Технические характеристики газотурбинной установки Siemens SGT-800 приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики

Электрическая мощность, МВт	45
Электрический КПД, %	37
Степень повышения давления в компрессоре	19
Расход выхлопных газов, кг/с	130
Давление газа, МПа	2,7
Температура выхлопных газов, °С	538
Частота вращения турбины, об/мин	6600
Уровень шума снаружи энергоблока, дБА	85
Масса установки, т	90

Осевой компрессор:

- 15-ступенчатый осевой компрессор - 3 ступени с регулируемыми направляющими аппаратами

- Ротор, выполненный электронно-лучевой сваркой;
- Рабочие лопатки и направляющие аппараты из стали, легированной хромом;

- Прирабатываемые уплотнения;
- Профили лопаток с регулируемой диффузией («CDA-профили»);

Камера сгорания:

- 30 двухтопливных горелок с системой сухого подавления выбросов («DLE»);

- Кольцевая сварная жаровая труба из металлического листа;
- Внутренняя поверхность с термозащитным покрытием;

Турбина:

- Трехступенчатая турбина, выполненная как единый модуль, с высоким КПД - две первые ступени и фланцы корпуса турбины с воздушным охлаждением - первая ступень выполнена из монокристаллического материала - третья ступень выполнена с бандажными полками;

Подшипники:

- Радиальный и упорный подшипники с самоустанавливающимися сегментами;

- Средства мониторинга вибраций и температуры;

Топливная система:

- На природном газе – На жидком топливе – Двухтопливная;
- Возможность переключения видов топлива под нагрузкой;
- Возможность мгновенного сброса нагрузки;
- Требования к подаче газа: 27–30 бар (абс.);

Редуктор:

- С двойными косозубыми шестернями;
- Привод генератора со стороны компрессора;
- Частота вращения 1500 и 1800 об./мин. для использования в системах с частотой 50 и 60 Гц;

Генератор:

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Четырехполюсная конструкция;
- Номинальное напряжение: 10,5/11,0/13,8 кВ;
- 50 или 60 Гц;
- Класс защиты IP54;
- Возбуждение от встроенного генератора постоянного тока;
- Отвечает требованиям стандарта IEC/EN 6034-1;

Система смазки:

- Система смазочного масла на собственной раме;
- Три насоса смазочного масла производительностью 50 % каждый, с приводом от моторов переменного тока и резервным питанием конвертированного постоянного тока;

Система запуска:

- Электрический пусковой двигатель, соединенный с редуктором

Система автоматического управления;

- Система CAУ Siemens Simatic;
- Распределенные входы / выходы;

Прочее:

- Осевой выхлоп.

3. Выбор характерных режимов

4. Расчет тепловой схемы ГТУ²

4.1 Тепловой расчет газотурбинной установки (ГТУ)

² Тепловой расчет ГТУ произведен в соответствии с методикой, изложенной в Костюк, А.Г. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 556 с.: ил.

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Расчет котла-утилизатора

5.1 Обоснование выбора КУ

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.2 Расчет тепловой схемы КУ

5.3 Конструкторский расчет КУ

5.4 Аэродинамический расчет КУ

6. Технический расчет трубопроводов

6.1 Гидравлический расчет трубопровода

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.2 Механический (прочностной) расчет трубопроводов

6.3 Расчет изоляции трубопровода

7. Автоматическая система регулирования (АСР) температуры
перегретого пара

7.1 Выбор структуры АСР

7.2 Разработка функциональной схемы АСР

7.3 Выбор технических средств АСР

8. Вопросы компоновки

8.1 Компоновки ГТУ

8.2 Компоновка главного корпуса ГТУ-ТЭЦ

9. Социальная ответственность

**10. Расчёт основных технико-экономических показателей
проектируемой ГТУ-ТЭЦ**

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

*10.1 Расчёт срока окупаемости капитальных вложений по проекту
ГТУ-ТЭЦ*

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчеты проведенные в дипломном проекте, показали что выбор современной ГТУ-ТЭЦ, в сравнении с паротурбинными тепловыми электростанциями ГТУ ТЭЦ требуют меньших суммарных капитальных затрат при возведении, более просты в обслуживании, низкая себестоимость выработанной тепло- и электроэнергии, обусловленная использованием дешёвых видов топлива.

В результате выполнения дипломного проекта был разработан проект ГТУ-ТЭЦ мощностью 45 МВт. На базе ГТУ SGT-800 фирмы Siemens, с температурой уходящих газов 538°C.

В проекте был произведен расчет тепловой схемы ГТУ-ТЭЦ, конструкторский расчет котла-утилизатора, в результатах которого определено снижение мощности ГТУ с данным котлом-утилизатором, и составляет 1%. Это дает понять, что сконструированный котел, по своим характеристикам полностью удовлетворяет проектным условиям.

Расчеты трубопроводов позволил выбрать стандартные производимые заводами изделия, что существенно упростит и сэкономит затраты (нет необходимости делать трубы по спецзаказу). Гидравлические и механические расчеты подтвердили правильность выбора сортамента труб. Расчет толщины изоляции показали правильность выбора изолирующего, допустимая температуру на поверхности изоляции не будет превышать 45°C.

Произведен расчет технико-экономических показателей и эффективности проекта. Себестоимость отпускаемой электроэнергии составила 1,39 руб./кВт·ч, срок окупаемости проекта 9 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Приложение А

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Б

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение В

					ФЮРА 311125.001.ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		