

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

Институт Электронного обучения
Специальность подготовки **140101 Тепловые электрические станции**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

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

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-6300	Сергиенко Валерии Витальевне

Тема работы:

Проект мини ТЭЦ для г. Осинники на базе существующей котельной.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1814/с от 10.03.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	30мая 2016 года
--	------------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	«Котельная №2 г. Осинники» мощностью 4,48МВт; непрерывный режим работы; вид сырья – уголь.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Фигурко А.А., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Сечин А.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Автоматизация технологических процессов	Атрошенко Ю.К., старший преподаватель кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13 февраля 2016 года
---	-----------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беспалов В.И.	к.т.н.		2.12.2015

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6300	Сергиенко В.В.		2.12.2015

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 14 рисунков, 11 таблиц, 15 источников литературы, 6 листов графического материала, 1 приложение.

Проект мини - ТЭЦ для г.Осинники на базе существующей котельной №2.

Объектом проекта является котельная №2.

Целью проекта является определение технической, экономической и социальной эффективности реконструкции системы теплоснабжения.

В процессе исследования были произведены расчеты тепловой схемы до и после реконструкции, зимнем и летнем режимах.

В последующих разделах рассмотрены вопросы: расчёт экономических показателей, выбор основного и вспомогательного оборудования, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, автоматическое регулирования уровня и давления в деаэраторе.

В результате реконструкции сделан вывод, что данный проект можно реализовать и по техническим и по экономическим соображениям. Расчеты экономической эффективности показали, что срок окупаемости составит 5,9 лет.

Дипломный проект выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2003, а графическая часть выполнена в графическом редакторе Компас 3D LT V12 .

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

Введение.....	10
1 Краткое описание котельной. Характеристики оборудования на котельной №2.....	11
2 Анализ исходных данных для проектирования. Существующие и перспективные тепловые нагрузки района. Температурный график теплосети. Тепловые потребители.....	16
3 Расчет тепловой схемы котельной до реконструкции.....	19
4 Техничко-экономическое обоснование перевода котельной в мини - ТЭЦ.....	23
5 Расчет тепловой схемы мини – ТЭЦ.....	27
5.1 Максимальный отпуск теплоты.....	27
5.2 Среднеотопительный режим.....	32
5.3 Минимальный режим.....	35
6 Расчет годовых показателей работы ТЭЦ.....	38
7 Выбор вспомогательного оборудования.....	40
8 Проектирование трубопроводов. Гидравлический расчет. Механический расчет. Расчет изоляции.....	43
9 Водоподготовка на мини – ТЭЦ. Химводоочистка.....	47
10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
11 Автоматическая система регулирования уровня и давления в деаэраторе...	56
12 Социальная ответственность.....	63
Заключение.....	80
Список используемых источников.....	81
Приложение А. Спецификация	

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика как отрасль хозяйственной деятельности направлена на обеспечение человека всеми видами энергии, в частности, электрической, тепловой, механической.

Промышленные предприятия нуждаются в теплоте и электроэнергии одновременно. Некоторым теплота требуется только для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Для большинства производственных потребителей достаточно давление пара от 0,12 до 1,5 МПа.

В отличие от электроэнергии, теплота не может быть экономично подана на очень большие расстояния, поэтому требуется свой источник теплоты нужных параметров. Эти источники называются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на них производится комбинированная выработка теплоты и электроэнергии.

В данном дипломном проекте рассмотрено предложение по реконструкции котельной №2 в г. Осинники, с целью перевода ее в мини – ТЭЦ.

Главным этапом является выбор основного оборудования и прежде всего электрической и тепловой мощности станции, установка турбоагрегата и замена котлов.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОТЕЛЬНОЙ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА КОТЕЛЬНОЙ №2

Котельная №2 находится в Кемеровской области, г. Осинники по адресу ул.Базарная 8/1, котельная предназначена для нужд отопления производственных, жилых и общественных зданий. На рисунке 1.1 территория котельной. Здание котельной прямоугольное 25×17×8,3 м, территория котельной 2160 м².

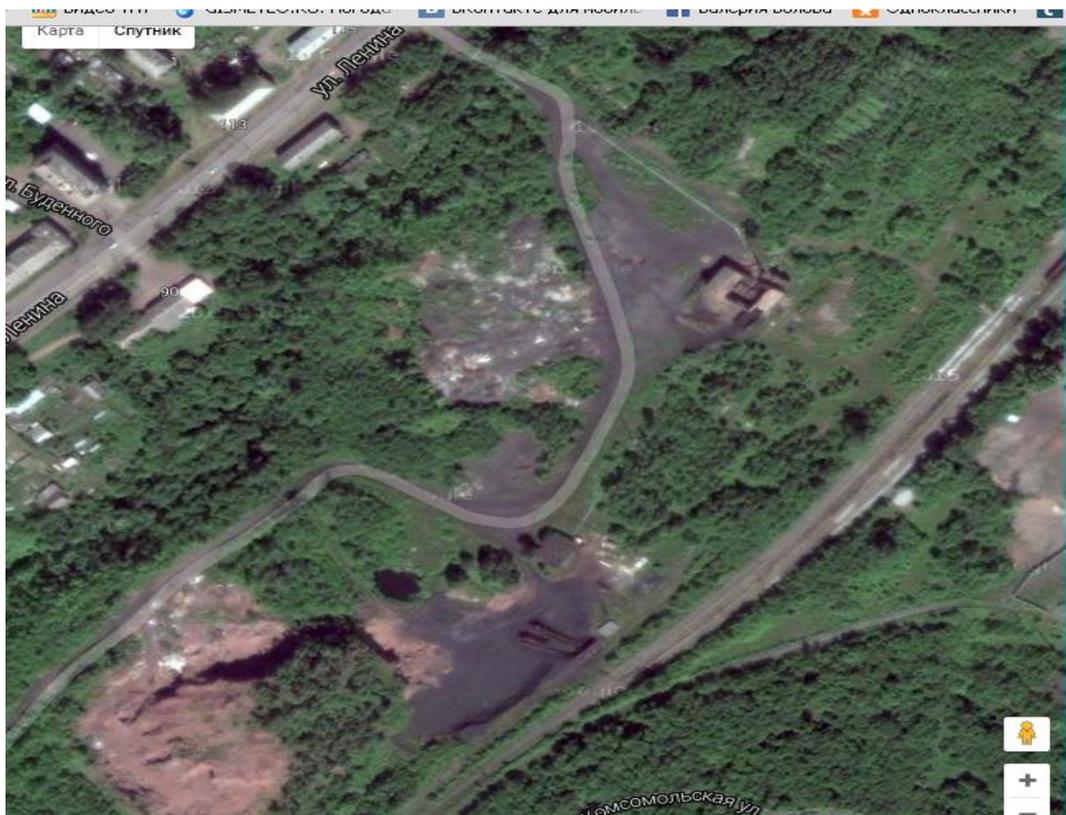


Рисунок 1.1 - Территория котельной №2

На котельной №2 установлены водогрейные котлы с температурой нагрева воды не выше 115°С и давление не выше 7 кгс/см². Пять котлоагрегатов Сибирь-10 и один котлоагрегат ВКС-75. Система отопления – закрытая, независимая. Система ГВС – двухтрубная, с циркуляционным трубопроводом.

Общая производительность котельной составляет 5,24 Гкал/ч. Теплоноситель – вода с расчетными параметрами по температурному графику 95-70 °С.

					ФЮРА.311000.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Топливо – каменный уголь марки Тр. Топливоподача в топку котла – ручная. От угольного склада вручную на транспортер КСА-6, с транспортера вручную к котлам. Золоудаление сухое, вручную на транспортер скребковый С-53.

Удаление и рассеивание дымовых газов происходит через стальную дымовую трубу $\varnothing=1220$ м, Н=30м.

Таблица 1.1 - Техническая характеристика котла Сибирь – 10

№п/п	Наименование	Ед.изм.	Характеристика
1	Тепловая мощность котла	МВт	1,39
2	Поверхность нагрева котла	m^2	138
3	КПД котла	%	82
4	Давление на выходе из котла	МПа	0,6
5	Температура воды на выходе из котла	$^{\circ}C$	70
6	Расчетная температура (не более)	$^{\circ}C$	95
7	Расход через котел (не менее)	т/ч	48
8	Потребляемая мощность котла	КВт	1,2
9	Разряжение в котле	Па	25
10	Водяной объем котла	m^3	2
11	Объем топочного пространства	m^3	5,9
12	Диапазон регулирования тепловой мощности котла	%	25-100

Таблица 1.2 - Установленное оборудование

№ п/п	Наименование	Тип
1	Котел №1 (ГВС)	ВКС – 75
2	Котел №2 (ГВС)	Сибирь – 10
3	Котел №3,4,5,6 (отопление)	Сибирь – 10
4	Сетевой насос №1	Д 320/50
5	Сетевой насос №2	Д 200/36
6	Насос ГВС №1	К 80 – 50 – 200А
7	Насос ГВС №2	К 80 – 50 – 200А
8	Насос ГВС №3	ЦНС 105/98
9	Подпиточный насос №1	К 60М
10	Подпиточный насос №2	К 60М
11	Циркуляционный насос №1	К 60М
12	Циркуляционный насос №2	К 60М
13	Резервный насос	КМ 80 – 50 – 200
14	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
15	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
16	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
17	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
18	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
19	Вентилятор поддува	ВЦ 14 – 46
20	Дымосос	Дн – 9
21	Шлаковый конвейер	С – 53
22	Угольный конвейер	КСА – 6
23	Бак аккумулятор (2шт)	V = 54 м ³
24	Бак запаса исходной воды (1шт)	V = 48 м ³

Таблица 1.3 - Техническая характеристика установленного оборудования

Марка	Назначение	Кол-во шт	Насос		Электрооборудование	
			Q, м ³ /ч	H, м.вод.ст	N, кВт	n, об/мин
Насосы						
Д 320/50	отопление	1	320	50	75	1470
Д 200/36	отопление	1	200	36	37	1465
К 80 – 50 – 200 А	ГВС	2	80	50	15	3000
ЦНС 105/98	ГВС	1	105	98	32	1500
К 60М	циркуляционный	2	60	32	7,5	1500
К 60М	подпиточный	2	60	32	7,5	1500
Вентиляторы						
ВЦ 14 – 46		6			2,2	3000
Дымосос						
Дн – 9		1			15	1500
Линия углеподачи						
Конвейер С – 53	на котлах №1 – 6	1			55	1500
Конвейер КСА – 6	на котлах №1 – 6	1				

Таблица 1.4 - Рабочие параметры котельной №2

	$R_{пр}$ кгс/см ²	$R_{об}$ кгс/см ²	Температурный график °С	Подключенная нагрузка $Q_{расч}$, Гкал/ч	Расход G , м ³ /ч
от	5,4	3,3	95-70	2,355	320
ГВС	5,8	-	70	0,35	50

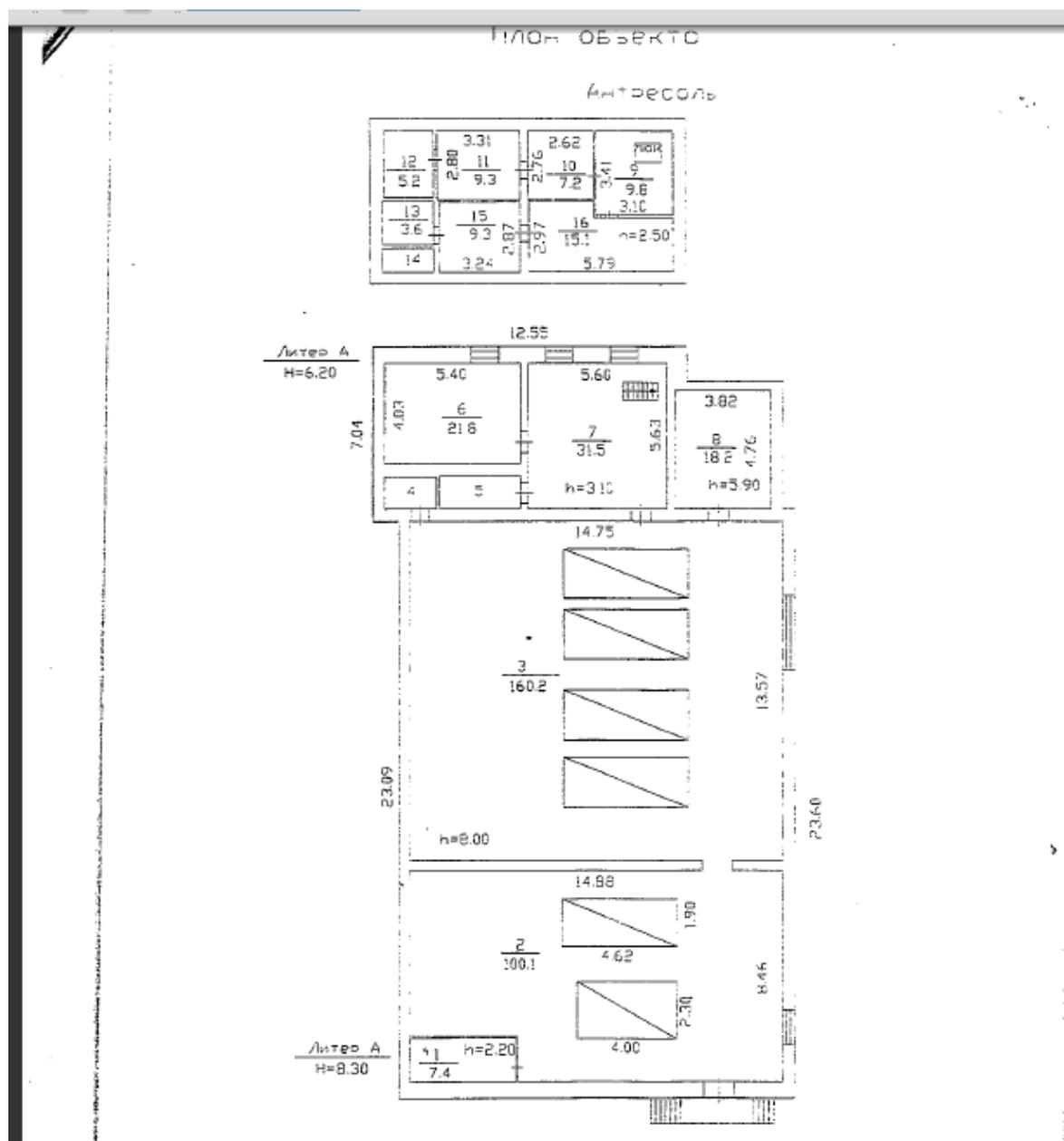


Рисунок 1.2 – План строения котельной №2 [1]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ФЮРА.311000.001 ПЗ

Лист

15

2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ РАЙОНА. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК ТЕПЛОСЕТИ. ТЕПЛОВЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

Максимальный тепловой поток (в зимнее время) на отопление:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{ж}} + Q_0,$$

$$Q_{\text{ж}} = q \cdot F \cdot 10^{-6},$$

$$Q_0 = k \cdot q \cdot F \cdot 10^{-6},$$

где k - коэффициент расхода теплоты для отопления общественных зданий,
 $k = 0,15$;

$$F - \text{жилая площадь, м}^2, F = 42364 \text{ м}^2,$$

q - показатель максимального теплового потока для отопления жилых зданий на 1 м^2 общей площади.

Этажность зданий города составляет от 5 и более, здания возведены после 1985 года; $q = 93 \text{ Вт/м}^2$;

$$Q_{\text{ж}} = 93 \cdot 42364 \cdot 10^{-6} = 3,9 \text{ МВт},$$

$$Q_0 = 0,15 \cdot 3,9 = 0,58 \text{ МВт},$$

$$Q_{\text{общ}} = 3,9 + 0,58 = 4,48 \text{ МВт}.$$

Отпуск теплоты на отопление зависит от температуры наружного воздуха. Для различных климатических районов установлены и приведены в климатологическом справочнике значения расчетной температуры наружного воздуха $t_{\text{нв}}^p$, средней температуры отопительного периода $t_{\text{нв}}^{\text{ср}}$, продолжительности отопительного сезона $\tau_{\text{ос}}$, продолжительности стояния температур наружного воздуха. Изменение отопительной нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха $Q_{\text{от}} = f(t_{\text{нв}})$ представлено на рисунке 2.1 слева. Эта зависимость является прямой линией, пересекающей ось абсцисс в точке с $t_{\text{нв}} = t_{\text{в}}$, где $t_{\text{в}}$ - температура воздуха внутри отапливаемых зданий, для жилых помещений $t_{\text{вн}} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$. На практике, отопление включается при $t_{\text{нв}} = 8^\circ\text{C}$, поэтому прямая $Q_{\text{от}} = f(t_{\text{нв}})$ при этой температуре наружного воздуха имеет срезку.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Зависимость отопительной нагрузки от продолжительностей стояния температур наружного воздуха представлена графически, где $Q_{от}$ – нагрузка отопления при текущем значении температуры наружного воздуха $t_{нв}$; τ – текущее значение времени, ч.

Графическое построение кривой продолжительностей отопительных нагрузок приведено на рисунке 2.1 справа. При данной температуре наружного воздуха $t_{нв}$ любая точка графика равна часовой тепловой нагрузке котельной, а абсцисса – равна длительности стояния температур наружного воздуха [2].

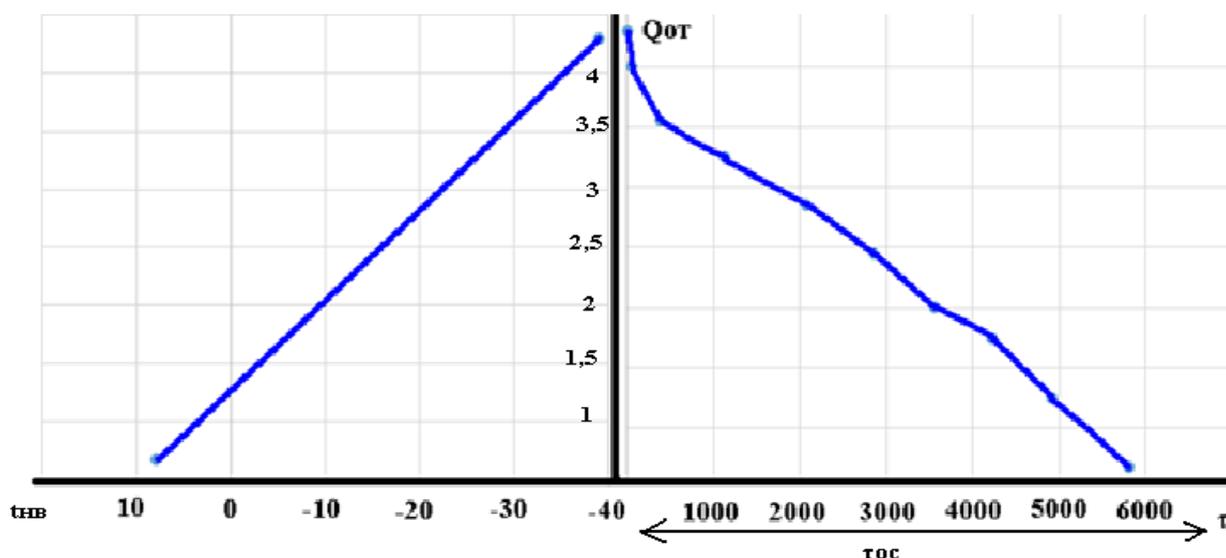


Рисунок 2.1 - Зависимость отопительной нагрузки от температуры наружного воздуха и график продолжительностей отопительных нагрузок

Кроме графика тепловой нагрузки, строится так же зависимость изменений температур прямой $t_{пс}$ и обратной $t_{об}$ сетевой воды от температуры наружного воздуха – температурный график теплосети $t_{пс} = f(t_{нв})$ и $t_{об} = f(t_{нв})$ рисунке 2.2.

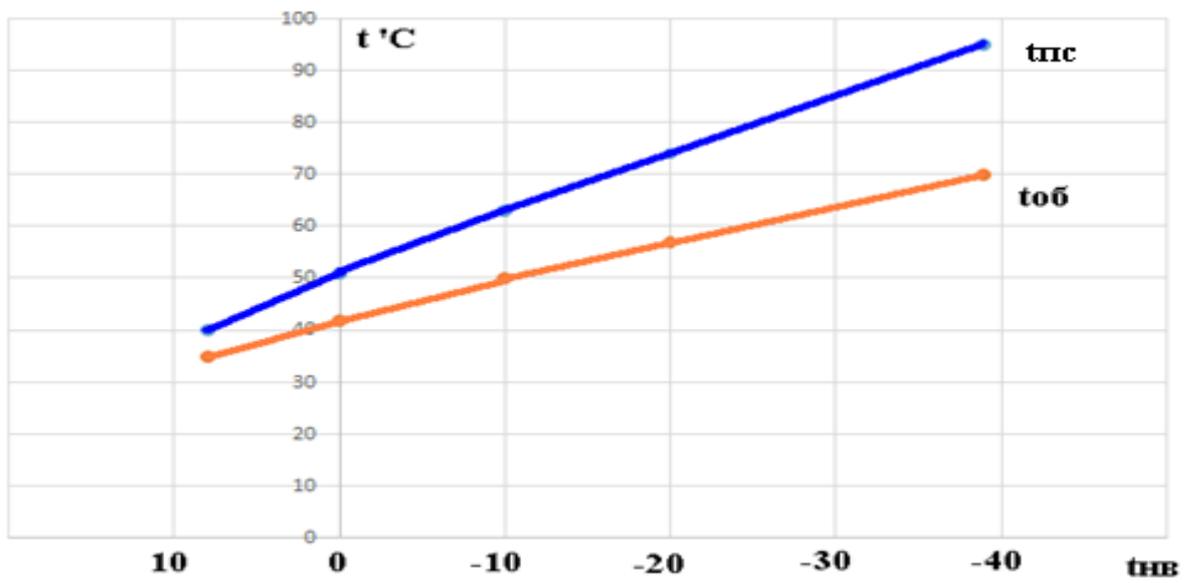
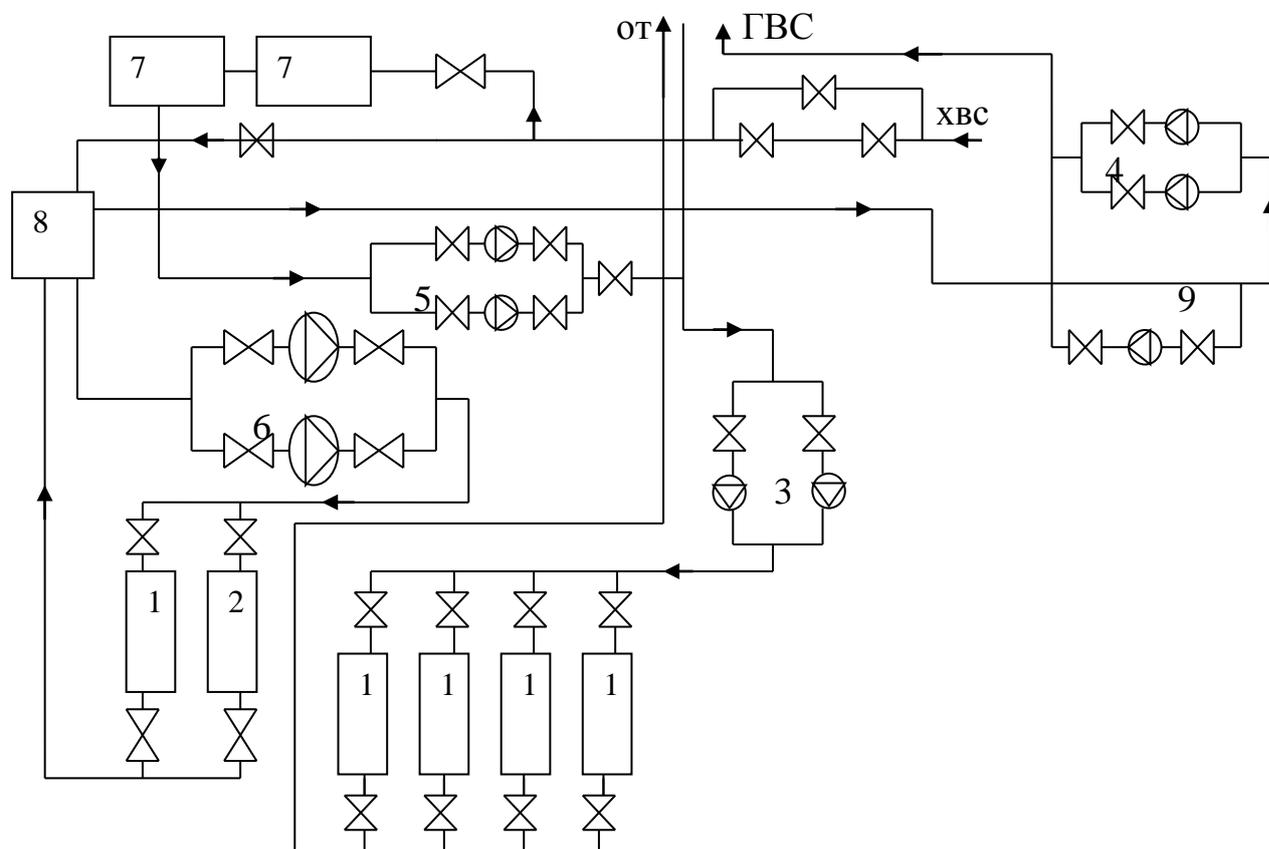


Рисунок 2.2 - График тепловой сети

3 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ ДО РЕКОНСТРУКЦИИ

Принципиальная тепловая схема характеризует основные технологические процессы преобразования энергии и использования в установке теплоты рабочего тела. На схеме изображено основное и вспомогательное оборудование, которые объединены линиями трубопроводов рабочего тела в последовательности движения в установке. Основные цели расчета тепловой схемы котельной:

- определение общих тепловых нагрузок, которые состоят из внешних нагрузок и расходов тепла на собственные нужды;
- определение всех тепловых и массовых потоков, которые необходимы для выбора вспомогательного оборудования и определения диаметров трубопроводов и арматуры;
- определение исходных данных для технико-экономических расчетов.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ФЮРА.311000.001 ПЗ

Лист

19

Рисунок 3.1 - Принципиальная схема котельной

1. Котел водогрейный Сибирь – 10 (5шт);
2. Котел водогрейный ВКС – 75;
3. Насос сетевой;
4. Насос ГВС;
5. Насос подпиточный;
6. Насос циркуляционный;
7. Бак аккумулятор;
8. Бак;
9. Насос ГВС.

Максимально зимняя нагрузка на нужды отопления:

$$Q_0^{M3} = 4,48 \text{ МВт.}$$

Коэффициент снижения расхода теплоты на нужды отопления для наиболее холодного месяца:

$$K_{об} = \frac{t_{вн} \cdot t_{н}^{XM}}{t_{вн} \cdot t_{н}^{M3}},$$

где $t_{вн}$ – температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °С, ($t_{вн} = 18$ °С); $t_{н}^{XM} = -18,8$ – температура наружного воздуха для наиболее холодного месяца, °С; $t_{н}^{M3} = -39$ – температура наружного воздуха для расчета отопления, °С;

$$K_{об} = \frac{18 \cdot (-18,8)}{18 \cdot (-39)} = 0,48.$$

Температура воды в подающем трубопроводе на нужды отопления для наиболее холодного месяца:

$$t_1^{XM} = t_{вн} + (74 - t_{вн}) \cdot (K_{об})^{0,8} + |(t_1^{M3} - t_2^{M3}) - 4| \cdot K_{об},$$

где 74 – средняя температура отопительного прибора при расчете отопления на параметры 95–70 °С; t_1^{M3} – расчетная температура в подающем трубопроводе, °С, принимают $t_1^{M3} = 95$ °С; t_2^{M3} – расчетная температура в обратном трубопроводе после систем отопления, °С, принимают $t_2^{M3} = 70$ °С; 4 – половина температурного перепада в системе отопления, °С;

$$t_1^{XM} = 18 + (74 - 18) \cdot (0,48)^{0,8} + |(95 - 70) - 4| \cdot 0,48 = 59 \text{ °С.}$$

Температура воды в обратном трубопроводе после систем отопления для наиболее холодного месяца:

$$t_2^{XM} = t_1^{XM} - (t_1^{M3} - t_2^{M3}) \cdot K_{об},$$

$$t_2^{XM} = 59 - (95 - 70) \cdot 0,48 = 47 \text{ °С.}$$

Тепловая нагрузка на нужды отопления:

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_0 = Q_0^{M3} \cdot K_{OB},$$

$$Q_0 = 4,48 \cdot 0,48 = 2,15 \text{ МВт.}$$

Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление:

Отпуск теплоты на отопление с учетом потерь:

$$Q_{\text{общ}} = 4,48 \text{ МВт.}$$

Относительный расход подпиточной воды (тепловой сети) и подпиточной воды (исходной воды) принимаем 0,003.

Расход сетевой воды на отопление:

$$G_{\text{св}} = \frac{860 \cdot Q_{\text{общ}}}{t_{\text{пс}} - t_{\text{ос}}},$$

$$G_{\text{св}} = \frac{860 \cdot 4,48}{95 - 70} = 154,1 \text{ т/ч.}$$

Расход воды на подпитку тепловых сетей:

$$G_{\text{подп}} = 0,003 \cdot G_{\text{св}},$$

где 0,003 - коэффициент утечек сетевой воды, $G_{\text{св}}$ - расход сетевой воды на отопление;

$$G_{\text{подп}} = 0,003 \cdot 154,1 = 0,46 \text{ т/ч.}$$

Расход воды на подпитку исходной воды:

$$G_{\text{подп}}^{\text{исх}} = 0,001 \cdot G_{\text{к}},$$

где $G_{\text{к}}$ - количество воды, проходящей через котел; 4 - кол-во котлов; 48 т/ч расход воды через один котел; 0,001 - коэффициент утечек исходной воды;

$$G_{\text{подп}}^{\text{исх}} = 0,001 \cdot 48 \cdot 4 = 0,19 \text{ т/ч.}$$

Нагрузка водогрейных котлов:

$$Q_{\text{к.от}} = \frac{Q_{\text{от}}}{\eta_{\text{к.от}} \cdot \eta_{\text{тр}}^{\text{к}}},$$

где $\eta_{\text{к.от}} = 0,82$ - КПД котла отопления, $\eta_{\text{тр}}^{\text{к}} = 0,98$ - КПД первого контура, $Q_{\text{от}}$ - нагрузка на отопление;

$$Q_{\text{к.от}} = \frac{4,48}{0,82 \cdot 0,98} = 5,58 \text{ МВт.}$$

Расход топлива максимально-зимнего режима (в расчетах не используем ГВС, т.к. система независимая и на расчетные данные не влияет):

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

$$B = \frac{Q_{пк}}{Q_{нр}},$$

где $Q_{нр} = 25393 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ - низшая теплота сгорания угля марки Тр;

$$B = \frac{5,58 \cdot 10^3}{25393} = 0,22 \text{ т/ч.}$$

КПД водогрейных котлов на ТЭЦ отпущенной теплоты:

$$\eta_{вк}^T = \eta_{к} \cdot \eta_{тр}^K,$$

$$\eta_{вк}^T = 0,82 \cdot 0,98 = 0,803 .$$

Удельный расход условного топлива отпущенной теплоты водогрейных
КОТЛОВ:

$$b_T^{BK} = 34,1 / \eta_{вк}^T,$$

$$b_T^{BK} = 34,1 / 0,803 = 42,466 \text{ кг у.т./ГДж.}$$

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Предварительный расчет эффективности перевода котельной в мини-ТЭЦ:

При известном графике теплосети:

$$t_{nc} = 95 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_{об} = 70 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$Q_{общ} = 4,48 \text{ МВт.}$$

Температура насыщения в сетевом подогревателе:

$$t_s = t_{nc} + \theta,$$

где $\theta = 11 \text{ }^\circ\text{C}$ - недогрев в подогревателе;

$$t_s = 95 + 11 = 106 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Давление насыщения в подогревателе:

$$P_s = f(t_s) = 0,125 \text{ МПа.}$$

Давление за турбиной:

$$P_{отб} = 1,05 \cdot P_s,$$

$$P_{отб} = 1,05 \cdot 0,125 = 0,13 \text{ МПа.}$$

В данном проекте меняем два водогрейных котла на подогреватель, устанавливаем деаэрактор и турбину.

Нам известно, что расход воды через котлы постоянен. Расход одного котла 48 т/ч, т.к. оставляем два водогрейных котла, то расход воды: $G_{исх} = 96$ т/ч; тепловая мощность двух котлов составит $Q_k = Q_{п} = 2,24$ МВт.

Мощность подогревателя, замещающего котлы:

$$Q_{п} = \frac{Q_k \cdot \eta_k}{\eta_{п}},$$

где $\eta_{п} = 0,99$ – КПД подогревателя;

$$Q_{п} = \frac{2,24 \cdot 0,82}{0,99} = 1,86 \text{ МВт.}$$

Расход пара через подогреватель:

$$G_{св} = \frac{Q_{п} \cdot 10^3}{h_k - h''},$$

где энтальпия пара $h_k = f(P_{отб}) = f(0,13 \text{ МПа}) = 2686,65$ кДж/кг; энтальпия воды $h'' = f(0,13 \text{ МПа}) = 449,13$ кДж/кг;

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

$$G_{\text{св}} = \frac{2,24 \cdot 10^3}{2686,65 - 449,13} = 1 \text{ кг/с} = 3,6 \text{ т/ч.}$$

Выбираем турбину исходя из предварительных расчетов (расход пара 3,6 т/ч, давление пара за турбиной 0,13 МПа).

Турбина приводная противодавленческая ТП – 320 с характеристиками:
номинальная мощность $N_n = 0,235$ МВт;

параметры свежего пара: давление $P_0 = 1,37$ (1,37 – 1,5) МПа;

температура $t_0 = 194 - 220$ °С;

номинальное абсолютное давление пара за турбиной $P_k = 0,12$ МПа;

номинальный расход пара $G_{\text{турб}} = 4,37$ т/ч.

Тепловая нагрузка паротурбинной установки:

$$Q_{\text{ту}} = G_0 \cdot (h_0 - h_{\text{пв}}),$$

где $h_0 = f(P_0; t_0) = 2850,19$ кДж/кг, $h_{\text{пв}} = f(P_d; t_d) = 435,99$ кДж/кг;

$$Q_{\text{ту}} = 1 \cdot (2850,19 - 435,99) = 2,41 \text{ МВт.}$$

Полная тепловая нагрузка турбоустановки:

$$Q_{\text{ту}} = Q_{\text{пт}} = 2,41 \text{ МВт.}$$

Тепловая нагрузка турбоустановки на отопление:

$$Q_{\text{т}} = \frac{Q_{\text{от}}^{\text{к}}}{\eta_{\text{п}}},$$

где $\eta_{\text{п}}$ – КПД подогревателя 0,99;

$$Q_{\text{т}} = \frac{2,41}{0,99} = 2,43 \text{ МВт.}$$

Расход топлива заменяемых котлов:

$$B = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{нр}}},$$

где $Q_{\text{нр}} = 25393$ кДж/кг - низшая теплота сгорания угля марки Тр;

$$B = \frac{2,24 \cdot 10^3}{25393} = 0,088 \text{ т/ч.}$$

Общее число часов использования 5805 ч,

Годовой расход топлива заменяемого котла:

$$B_{\text{отоп}} = B \cdot h_{\text{у}},$$

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

где h_y - число часов использования;

$$V_{\text{отоп}} = 0,088 \cdot 5805 = 511 \text{ т/год.}$$

Расход топлива турбоустановки:

$$V_T = \frac{Q_T}{Q_{\text{нр}}},$$

$$V_T = \frac{2,41 \cdot 10^3}{25393} = 0,095 \text{ т/ч.}$$

Годовой расход топлива турбоустановки:

$$V_{\text{отоп}}^* = V \cdot h_y,$$

$$V_{\text{отоп}}^* = 0,095 \cdot 5805 = 551 \text{ т/ч.}$$

Изменение издержек на топливо при замене водогрейных котлов на турбоустановку:

$$I_T = (V_{\text{отоп}}^* - V_{\text{отоп}}) \cdot C_T,$$

где C_T – цена угля, руб/т ;

$$I_T = (551 - 511) \cdot 1078 = 43120 \text{ руб/год.}$$

Прибыль за счет электроэнергии (турбоустановка):

$$I_T^{\text{ээ}} = N_{\text{ту}} \cdot C_T \cdot h_y,$$

где C_T – цена 1 кВт·ч;

$$I_T^{\text{ээ}} = 235 \cdot 1,89 \cdot 5805 = 2578291 \text{ руб/год.}$$

Оценка срока окупаемости:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K_{\text{рек}}}{I_T^{\text{ээ}} - I_T},$$

где $K_{\text{рек}}$ – капиталовложение в проект, руб;

$$T_{\text{окуп}} = \frac{12000000}{2578291 - 43120} = 4,7 \text{ года.}$$

Вывод: В результате проделанных расчетов можно сделать вывод, что реконструкция котельной в мини-ТЭЦ выгодна, потому что замена двух водогрейных котлов на один блок с тепловой нагрузкой, на 83% покрывает базовую.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

7 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Турбина [3]:

Выбираем турбину ТП – 320 с характеристиками:

$$N_3 = 0,235 \text{ МВт};$$

$$P_0 = 1,5 \text{ МПа};$$

$$t_0 = 220 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$P_k = 0,12 \text{ МПа};$$

$$\eta = 0,82.$$

Габариты: 1,5×1,4×1,85 м.

Паровой котел [4]:

Паровой котел КЕ 4-14 СО с естественной циркуляцией со слоевыми механическими топками, назначен для выработки пара насыщенного или перегретого, используемого на технологические нужды промышленных предприятий, в системах отопления, вентиляции и ГВС. Котлы двухбарабанные, вертикально-водотрубные с естественной циркуляцией, с экранированной топочной камерой и конвективным пучком, поставляемые одним транспортабельным, в комплекте с КИП, арматурой и гарнитурой в пределах котла, лестницами и площадками, пароперегревателем.

Производительность пара: 4т/ч; кпд 80,8% ; давление пара $P = 1,4 \text{ МПа}$ и температура $t = 194 \text{ }^\circ\text{C}$.

Габариты 6900×4640×5190мм.

Деаэратор [5]:

Деаэратор атмосферного давления предназначен для удаления коррозионно-агрессивных газов (кислорода и свободной углекислоты) из питательной воды котлов и подпиточной воды из систем теплоснабжения.

Производительность деаэратора выбирается по максимальному расходу питательной воды.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

Емкость бака деаэратора:

$$V = 1,15 \cdot G_{\text{пв}} \cdot v \cdot \tau,$$

где удельный объем воды $v = f(P_{\text{д}}) = f(0,12 \text{ МПа}) = 0,0010473 \text{ м}^3/\text{кг}$;

$$V = 1,15 \cdot 2,99 \cdot 0,0010473 \cdot 210 = 0,76 \text{ м}^3.$$

Рабочее давление в деаэраторе (в данном случае $P_{\text{д}} = 0,12 \text{ МПа}$).

Выбираем атмосферный деаэратор типа ДА-3/1,2.

Производительность – 3 т/ч; рабочий диапазон – 0,9 – 3,6 т/ч; давление рабочее – 0,12 МПа; температура воды – 104 °С; диапазон подогрева воды – 10-40 °С; объем бака – 1,2 м³; тип охладителя выпара ОВА-2; деаэраторный бак БДА – 1,2; тип предохранительного устройства – 1-3.

Габариты: диаметр корпуса 1,01 м; высота 1,79 м; длина 2,5 м; масса(бак с колонкой) 980 кг.

Конденсатный насос [6]:

Выбирают с одним резервным насосом: два насоса с подачей, равной 100% полной или три насоса с подачей, равной 50%.

Максимальная подача насоса определяется как:

$$G = 1,05 \cdot D_{\text{п}},$$

$$G = 1,05 \cdot 2,99 = 3,14 \text{ т/ч}.$$

Выбираем два конденсатных насоса (один в резерве) GP14M с производительностью 3,8 т/ч.

Питательный насос [7]:

Выбираются насосы на подачу питательной воды при максимальной мощности блока с запасом не менее 5%. Расчетный должен превышать давление пара на выход из котла с учетом потерь давления в тракте и необходимой высотой подъема. Расход питательной воды:

$$G_{\text{пв}} = \alpha_{\text{пв}} \cdot G_0,$$

$$G_{\text{пв}} = 1 \cdot 3,28 = 3,28 \text{ т/ч}.$$

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Максимальная подача питательного насоса:

$$G = 1,05 \cdot G_{\text{пв}} \cdot v \cdot 3600,$$

где удельный объем воды $v=f(P_{\text{пв}}, t_d)=f(1,95 \text{ МПа}; 104^\circ\text{C})=0,0010457 \text{ м}^3/\text{кг}$;

$$G = 1,05 \cdot 3,28 \cdot 0,0010457 \cdot 3600 = 12,9 \text{ т/ч.}$$

Напор развиваемый питательным насосом:

$$H_{\text{пн}} = \frac{P_{\text{пн}} - P_d}{\rho \cdot g},$$

$$H_{\text{пн}} = \frac{1,95 - 0,12}{1000 - 9,8} \cdot 10^6 = 186,73 \text{ м.}$$

Выбираем два питательных насоса типа ЦНСг 13 – 210 с характеристиками: подача 13 т/ч; напор 210 м; частота вращения 3000 об/мин. Габариты 1768×220×621мм.

Один насос в резерве.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

9 ВОДОПОДГОТОВКА НА МИНИ – ТЭЦ. ХИМВОДООЧИСТКА

Теплоэнергетика в современных условиях не может существовать без водоподготовки. Отсутствие очистки воды и умягчения может привести к поломке оборудования, некачественному пару или воде. ТЭЦ или теплоэлектроцентраль представляет собой один из видов тепловой электростанции.

Задача ТЭЦ состоит не только в генерации электроэнергии, но и в тепловой энергии для системы теплоснабжения. ТЭЦ подают горячую воду и пар для обеспечения тепла в домах и на предприятиях. ТЭЦ обеспечивает теплой водой и отоплением дома в городе. Поэтому водоподготовка на мини ТЭЦ всегда будет включать в себя не только стандартные умягчители воды. Здесь без вспомогательных фильтров для воды никак не обойтись. Для ТЭЦ используют воду из первичных источников, очень загрязненную, поэтому первым этапом водоподготовки на мини - ТЭЦ будет осветление. В большинстве случаев используют механические фильтры, а также отстойники. Механические фильтры включают в себя несколько решеток из нержавеющей стали. Они улавливают в воде все твердые примеси. Это крупные примеси, потом средние и в конце совсем мелкие. Механические фильтры могут использовать с коагулянтами, чтобы очищать воду и от вредных бактериологических примесей.

Восстанавливают механические фильтры с помощью обычной обратной промывки простой водой. Следующий этап водоподготовки на мини - ТЭЦ - устранение вредных бактерий и вирусов или дезинфекция. Для этого могут использовать, как дешевую, но вредную хлорку, так и дорогой, но безвредный при полном испарении озон.

Другой вариант обеззараживания воды – использование ультрафиолетового фильтра. Здесь основу составляет ультрафиолетовая лампа, которая облучает всю воду, проходящую через специальную кювету. Проходя, через такой фильтр вода облучается, и в ней погибают все бактерии и вирусы.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

Кроме стандартных фильтров можно еще использовать реагентное отстаивание. Но добавление различных примесей, может вылиться потом в образование не растворимых отложений, которые очень плохо удаляются.

После этапа умягчения настает время для обессоливания воды. Для этого в ход идут анионные фильтры. После тонкой очистки воды, нужно в обязательном порядке из воды убрать остаточные растворенные газы. Для этого проводят деаэрацию воды. Здесь могут применять термические, вакуумные, атмосферные деаэраторы. Потом в силу вступает этап продувки котла, для этого используют промывные фильтры для воды и последним этапом водоподготовки на мини - ТЭЦ является промывка пара. Для этого применяют целый набор химических реагентов для обессоливания [8].

Химводоочистка (ХВО)

Данный вид очистки относится к химической, по определенным причинам. Здесь должны проходить определенные химические реакции и вид очистки считался ХВО. Но непосредственно в процессе фильтрации химические реакции происходят, но дополнительно химикаты не используются. Просто происходит замена одних ионов на другие. А вот когда забитые картриджи восстанавливают, тогда химикаты точно используют, т.к. устранить из смолы соли жесткости можно только массивной атакой сильно соленого раствора.

Что касается обычных фильтров водоочистки для дома, то по аналогии с ними были созданы дозаторы с автоматическим блоком управления. Они измеряют электропроводимость воды, спустя определенный отрезок времени. И если вода показывает высокую проводимость электричества, значит, вода обладает высоким порогом жесткости. И значит пришло время примешивать в состав воды умягчающие средства и ХВО. Аналогия та же, что и при промывке с целью профилактики. Только при дозированном умягчении, соли жесткости не оседают на поверхностях, они вступают в реакцию с химикатами и выпадают в легко уносимый осадок, что очень удобно для потребителя.

Правда, расходы химикатов в данном случае, назвать экономными вряд ли получится.

Химводоочистка помогает быстро решить проблему образования нежелательного осадка на поверхностях оборудования [9].

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

11 АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ И ДАВЛЕНИЯ В ДЕАЭРАТОРЕ

Автоматическое управление или автоматизация тех или иных функций в процессе управления производством является одним из решающих средств повышения технико-экономической эффективности производства.

Автоматизация технологических процессов на тепловых электростанциях имеет своей целью повышение надежности и экономичности работы оборудования, а также уменьшение количество обслуживающего персонала и улучшение условий его труда.

Автоматизация современных тепловых электростанций заключается в автоматическом регулировании всех непрерывных процессов (горение, питание котла и др.), а также в автоматическом управлении отдельными операциями.

Система автоматического управления при нормальной эксплуатации электростанции не требует вмешательства обслуживающего персонала; обязанностью персонала является только наблюдение за результатами работы автоматических устройств и их состоянием. Для нормальной работы современного энергетического оборудования паротурбинной электростанции с парогенератором на твердом топливе с паровыми турбинами, имеющими промышленные и регенеративные отборы, требуется контролировать около 1000 переменных величин, из которых около 100 величин должны иметь надежную автоматическую стабилизацию.

Для обеспечения бесперебойной и надежной эксплуатации многочисленных и сложных элементов оборудования тепловой электростанции служат приборы теплового контроля. Эти приборы показывают в любой момент времени параметры работы отдельных агрегатов, механизмов или узлов на электростанции и позволяют судить о возникающих отклонениях от параметров при нормальной эксплуатации всех элементов оборудования электростанции.

Описание схемы системы регулирования уровня и давления в деаэраторе

					ФЮРА.311000.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Деаэратор на ТЭС является смешивающим подогревателем питательной воды, в котором одновременно осуществляется термическая деаэрация. Для этого к деаэратору подводится греющий пар. Выделившийся из воды кислород в процессе кипения вместе с излишками пара сбрасывается в атмосферу. Поддержание нормального процесса кипения воды в деаэраторе необходимо постоянно поддерживать избыточное давление пара, которое соответствует определенной температуре насыщения. С этой целью деаэратор должен снабжаться автоматическим регулятором давления пара 4 (см. рисунок 11.1).

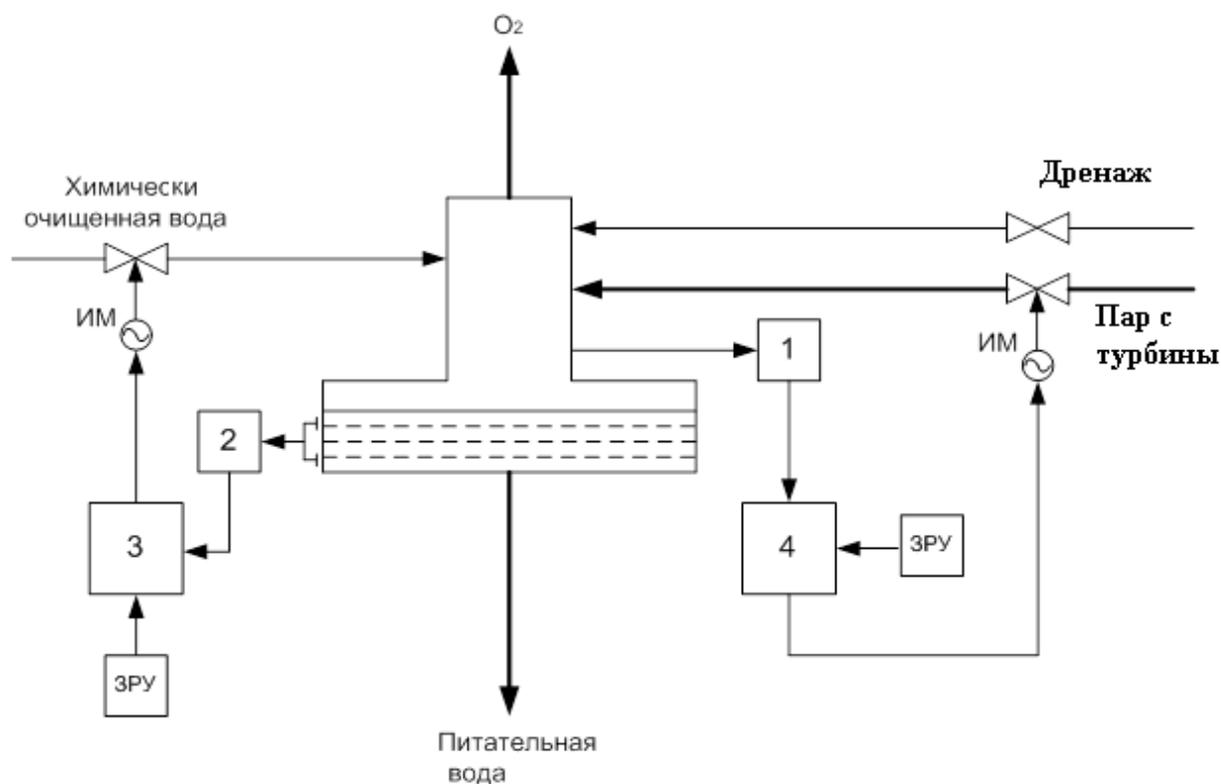


Рисунок 11.1 – Принципиальная схема автоматического контроля и регулирования параметров в деаэраторе

1 – преобразователь давления; 2 – преобразователь уровня; 3 – регулятор уровня; 4 – регулятор давления; ЗРУ – задающее ручное устройство; ИМ – исполнительный механизм.

Потери конденсата и деаэрированной питательной воды восполняются химически очищенной водой, поступающей от станции водоподготовки. Кислород, растворенный в подпиточной воде, также удаляется в деаэраторе. Косвенным показателем соответствия между необходимыми количествами

питательной воды на ТЭС и деаэрированной смеси конденсата и химически очищенной воды служит уровень воды в деаэрированной установке. Для поддержания уровня используется автоматический регулятор уровня воды в деаэраторе 3. Для контроля регулируемых параметров в деаэраторе предусмотрены преобразователь давления 1 и преобразователь уровня 2.

Описание технических средств контроля и регулирования

1.СУ-6,3-2-А. Сосуд уравнивающий, условное давление 6,3Мпа предназначен для исключения влияния на результат измерения высоты столба жидкости в импульсной линии путем поддержания постоянного уровня жидкости в сосуде по отношению к измеряемому переменному уровню в резервуарах при измерении дифманометрами уровня жидкости в резервуарах.

2.Метран-43Ф-ДР-3595-01-АП-0,5%-25кПа-16МПа-4-20мА.

Преобразователь разности давления, аналоговый, предназначен для преобразования давления рабочих сред: жидкостей, газа и пара. Прибор предназначен для работы в среде газообразного кислорода и кислородосодержащих газовых смесей. Преобразователь имеет общепромышленное исполнение (Ех). Код электронного преобразователя аналоговый (АП) и имеет значения пределов допускаемой основной приведенной погрешности (γ_D) $\pm 0,5$ %, которая рекомендуется для технических измерений и регулирования давлений на теплоэнергетических объектах. Предел номинального перепада давлений 25 кПа, рабочее давление 16 МПа, выходной сигнал 4...20 мА.

3.А-100-2125-вторичный прибор для измерения и регистрации на диаграммной ленте силы тока, напряжения, одноканальный, щитовой с сигнальным устройством, 0...1МПа, входной сигнал 4...20мА, предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,5\%$.

4.Метран-43Ф-ДИ-3585-01-АП-0,5%-25кПа-1МПа-4-20мА.

Преобразователь избыточного давления, предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

процессами и обеспечивает непрерывное преобразование значение измеряемого параметра – давление избыточное (ДИ), разряжение (ДВ), давление - разряжения (ДИВ), разность давлений (ДД), гидростатическое давление (ДГ) – уровня в стандартный токовой выходной сигнал (4...20мА) дистанционной передачи. Преобразователь серии Метран-43 предназначен для преобразования давления рабочих сред: жидкостей, газа и пара. Преобразователь давлений предназначен для работы в среде газообразного кислорода и кислородосодержащих газовых смесей. Допускаемая основная приведенная погрешность $\pm 0,5 \%$, верхний предел измерений 25кПа, предельно допускаемое рабочее избыточное давление 1Мпа.

5.А–100–2125–вторичный прибор для измерения и регистрации на диаграммной ленте силы тока, напряжения, одноканальный, щитовой с сигнальным устройством который производит промышленная группа «Метран» г. Челябинск, предназначен для измерения, регистрации и сигнализации давления, расхода и уровня. Прибор обыкновенного (Диск-250) исполнения. Напряжение питания приборов составляет 220В с частотой питающей сети 50Гц. Прибор принимает на вход унифицированный токовый сигнал 4...20мА и напряжение 0...10В от преобразователей давления или перепада давлений. Предел изменения выходного сигнала передающего преобразователя приборов типа А100, А543 и Диск-250 составляет 0...5 и 4...20мА.

6.Ремиконт Р – 130ISa. Контроллер малоканальный, многофункциональный, регулирующий, микропроцессорный предназначен для автоматического регулирования и логического управления в АСУ ТП.

7.РЗД-12-задатчик ручной. Задатчик обеспечивает ручную установку задания регулятору в виде унифицированного сигнала по току 4 –20 мА.

8.БРУ-22 – блок ручного управления. Блок управления предназначен для перехода регулирующего органа в режим автоматического или дистанционного управления. В блок управления встроен указатель положения, который служит для контроля за положением регулирующего органа.

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

9.ПБР-2М - Пускатель бесконтактный реверсивный предназначен для дистанционного управления исполнительным механизмом.

10.МЭО-40/10-0,25 У-99 - Механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 40Н·м, номинальное значение времени полного хода 10 с, номинальное значение полного хода 0,25 об., в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала; исполнительный механизм, предназначен для непосредственного изменения положения регулирующего органа.

11.МЭП-40/10-0,25 У-88 - Механизм электроисполнительный прямодействующий с номинальным значением момента на выходном валу 40Н·м, номинальное значение времени полного хода 10 с номинальное значение полного хода 0,25 об., в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала; исполнительный механизм, предназначен для непосредственного изменения положения регулирующего органа.

12.ДУП-М - Дистанционный указатель положения выходного вала электрического исполнительного механизма с индуктивным датчиком, диапазон измерений 0...100 %, класс точности 2,5, потребляемая мощность 5 Вт.

13.Блок питания постоянного тока типов Метран-602 предназначен для преобразования сетевого напряжения 220В в стабилизированное напряжения 24В и питания преобразователей с унифицированным выходным токовым сигналом: преобразователей давления и уровня Метран, Сапфир и др; преобразователей температуры ТСМУ, ТСПУ, ТХАУ и др. Количество каналов – 2, каналы гальванически развязаны. Блоки питания устанавливаются на щитах. Класс стабилизации выходного напряжения 0,2. Каждый имеет схему электронной защиты от перегрузок и коротких замыканий. На переднюю панель блоков выведена светодиодная индикация включения блока питания по каждому каналу.

Описание функциональной схемы АСР

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Давление измеряется измерительным преобразователем (1а,3а). Выходной сигнал через блок питания и преобразования поступает к прибору регистрирующему, сигнализирующему (1в,3в). Сигнал от измерительного устройства и от задатчика (3г) поступает на регулятор давления (3в), вырабатывается управляющее воздействие, и через блок ручного управления (3д) на пускатель (3е), откуда сигнал поступает на исполнительный механизм (3ж).

Сигнал от гидростатического уровнемера (2а,6а,6б) поступает к прибору регистрирующему, сигнализирующему (2г). Сигнал от измерительного устройства и от задатчика (6г) поступает на регулятор уровня (6в). Сигнал от блока ручного управления (6д), через пускатель (6е) поступает на исполнительный механизм (6ж). Функциональная схема АСР давления и уровня в деаэраторе представлена на рисунке 11.2:

					<i>ФЮРА.311000.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

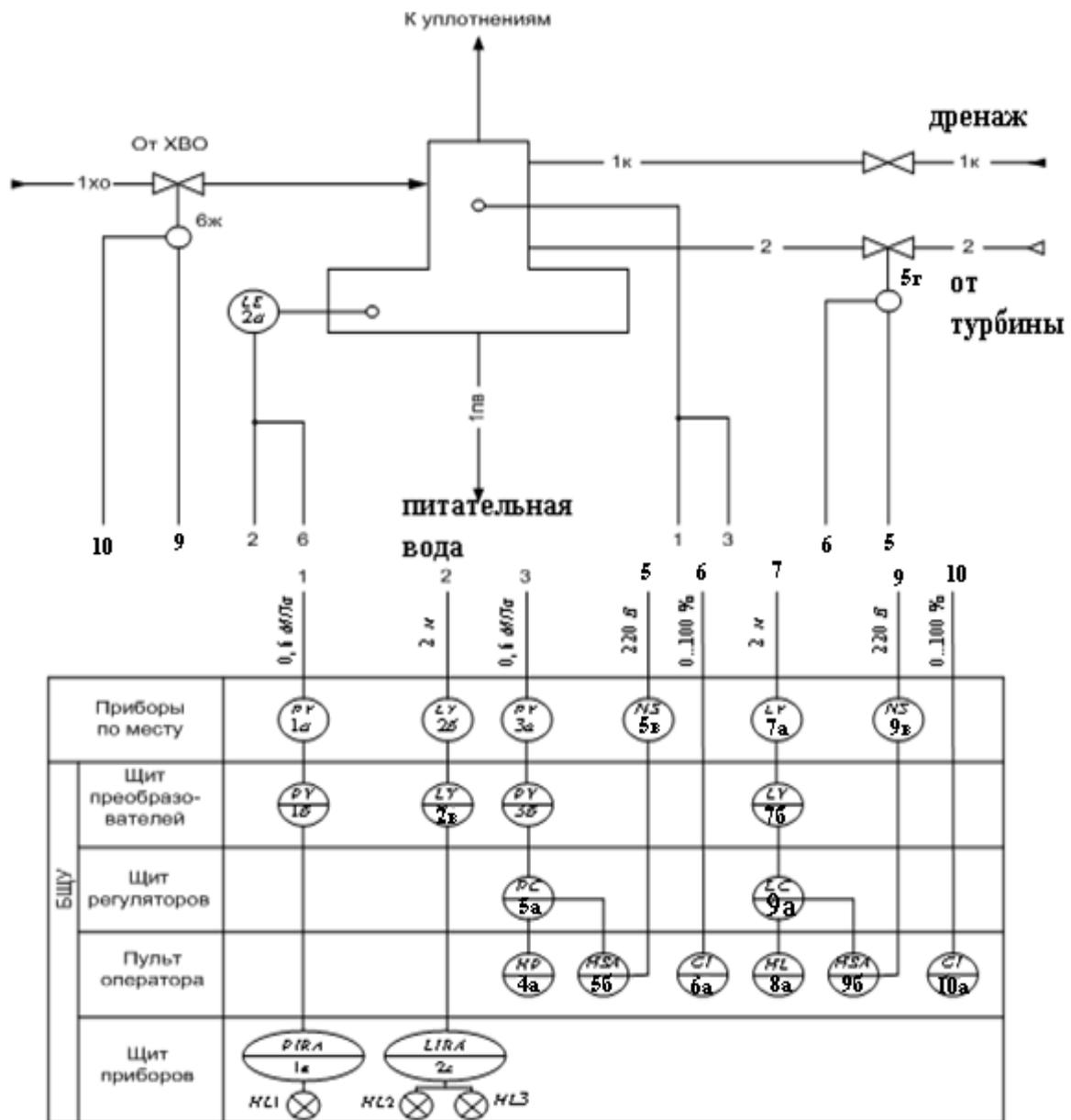


Рисунок 11.2 – Функциональная схема автоматического контроля, сигнализации и регулирования деаэратора

Заказная спецификация на средства автоматического контроля и регулирования параметров в деаэраторе представлена в приложении А.