

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа с., рисунок, таблиц, приложений, л. графического материала.

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК, РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ВОДОПОДГОТОВКА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАМЕЧЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Цель работы – проект источника и системы теплоснабжения промплощадки ООО «Новотек-Стрежевой», проведение расчетов.

В результате была рассчитана тепловая схема котельной, разработана и рассчитана схема теплоснабжения промплощадки.

Проработаны схемы водоподготовки, газоснабжения и автоматики.

В разделе промышленная и экологическая безопасность просчитаны выбросы вредных веществ из дымовой трубы котельной, рассмотрены пожарная безопасность и охрана труда.

Для проверки эффективности и рациональности капиталовложений проведен расчет технико-экономических показателей реконструкции теплоснабжения.

Курсовая работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word XP шрифтом Times New Roman №14.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Компания «Новомет» была образована в 1991. Первой продукцией были ступени погружных центробежных насосов для добычи нефти, которые изготавливались по новой для отрасли порошковой технологии, обеспечивающей ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами.

В мае 2009 года компания в условиях жесткой конкуренции выиграла тендер по обслуживанию фонда скважин УЭЦН с предоставлением в аренду базу в городе Стрежевой Томской области. Так образовалось «Новомет-Стрежевой».

Бывшая котельная была построена для жилого микрорайона на нагрузку 100 Гкал/час. В 90-х годах жилой микрорайон был переведен на городское централизованное теплоснабжение, и нагрузка на котельной снизилась до 48 Гкал/час. К 2012 году нагрузка снизилась на отопительный период и составила 13,6 Гкал/час согласно заявок потребителей (Факт потребления за данный период составил 9 Гкал/час).

Проведя анализ хозяйственной деятельности за указанный отопительный период, было принято решение о нецелесообразности дальнейшей эксплуатации данной котельной по причине:

- оборудование морально и физически устарело (год ввода 1978-1979);
- установленные мощности не востребованные;
- нормативные площади завышены в десятки раз (3153м<sup>2</sup>);
- содержание здания котельной требует существенных капитальных затрат;
- дымовая труба согласно Правил... и предписаний требует обследования и ремонта со значительными денежными вложениями;
- тепловые сети протяженные и диаметры их завышены, как результат повышенные непроизводительные потери тепла.

По окончании отопительного периода 2012-2013 года потребители были поставлены в известность о прекращении производственной деятельности старой котельной и о намерении ООО «Новомет-Стрежевой» строительства новой котельной и новых тепловых сетей с учетом заявок потребителей.

На основании выше изложенного ООО «Новомет-Стрежевой» приняло решение о строительстве новой котельной и тепловых сетей на основной площадке, максимально приблизив их к потребителям.

Данный вопрос согласован с администрацией города Стрежевой и РЭК по Томской области.

## 2 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

Проектируемая котельная предназначена для теплоснабжения производственных корпусов ООО “Новомет-Стрежевой”, взамен действующей котельной, выводимой из работы.

Расчет тепловых нагрузок ведем по укрупненным показателям:

$$Q_o = q \cdot V \cdot (t_{вн} - t_{но}^p) \text{ ккал/час, где}$$

$q$  – удельная тепловая нагрузка, ккал/час·м<sup>3</sup>;

$V$  – объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$t_{вн}$  – усредненная внутренняя температура воздуха отопительных помещений, °С;

$t_{но}^p$  – наружная расчетная температура воздуха, °С.

Удельная тепловая нагрузка принимается по справочным данным в зависимости от назначения производства и объемов здания.

План промплощадки с проектными (заявленными) тепловыми нагрузками (приложение А).

Так для строения 9 (проходная):

$$V = 2448 \text{ м}^3, q = 0,55 \text{ ккал/час} \cdot \text{м}^3, t_{вн} = 12 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$Q_o = 0,55 \cdot 2448 \cdot (12 - (-40)) \cdot 10^{-3} = 0,07 \text{ Гкал / час}$$

Аналогично рассчитываем тепловые нагрузки для других строений.

Расчет сводим в таблицу №1.

Таблица №1.

№ строения	Объем, м <sup>3</sup>	Температура внутренняя, °С	Удельная тепловая нагрузка, ккал/час·м <sup>3</sup>	Тепловая нагрузка, Гкал/час
1	53016	16	0,27	0,8016
2	59524	16	0,27	0,9
3	21645	15	0,21	0,25
4	18181	15	0,25	0,25
5	74405	16	0,3	1,25
6	73810	16	0,3	1,24
7	28560	18	0,3	0,497
8	28560	18	0,3	0,497

9 (проходная)	2448	12	0,55	0,07
10 (терминалы)	50300	10	0,33	0,83
Строящиеся объекты				3,0
Итого				9,590

### **3 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

#### **3.1 Исходные данные для расчета теплосети**

Климатическая зона: Томск;

Температурный график теплосети:

$$t_1^p / t_2^p = 95 / 70^\circ\text{C}, \text{ где}$$

$t_1^p, t_2^p$  - температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при расчетной температуре наружного воздуха  $t_{HO}^p = -40^\circ\text{C}$  (для Томска);

система теплоснабжения

закрытая.

Источник тепла

водогрейная котельная

Климатологические данные, необходимые для расчета отопительно-вентиляционных тепловых нагрузок и годового потребления теплоты:

Расчетные температуры наружного воздуха:

для отопления

$$t_{HO}^p = -40^\circ\text{C}$$

для вентиляции

$$t_{HV}^p = -24,5^\circ\text{C}$$

Продолжительность отопительного периода  $n_o = 234$  дня = 5617 часов

### **3.2 Расчет расхода сетевой воды**

Суммарная тепловая нагрузка составляет  $\Sigma Q = 6,59$  Гкал/час, тепловая нагрузка однородна только на отопление.

Так как система теплоснабжения закрытая, то расходы воды в прямом и обратном трубопроводе будут одинаковыми, как и их диаметры.

Расход воды определим по формуле

$$G = \frac{Q}{c(t_1 - t_2)}, \text{ м / час, где}$$

$Q_m^o$  - тепловая нагрузка, Гкал/час;

$t_1, t_2$  - температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, °C.

Так для потребителя №1:

$$G_1 = \frac{0,8016}{95 - 70} = 32,064 \text{ м / час}$$

Аналогично рассчитываем расходы сетевой воды для остальных потребителей, расчет сводим в таблицу №2.

Таблица №2

№ потребителя	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/час	Количество сетевой воды	
		G <sub>пр</sub>	G <sub>об</sub>
1	2	3	4
Строение №1	0,8016	32,06	32,06
Строение №2	0,9	36,0	36,0
Строение №3	0,25	10,0	10,0
Строение №4	0,25	10,0	10,0

Строение №5	1,25	50,0	50,0
Строение №6	1,24	49,6	49,6
Строение №7	0,497	19,88	19,88
Строение №8	0,497	19,88	19,88
Строение №9	0,07	2,8	2,8
Строение №10	0,83	33,2	33,2
Итого	6,59	263,42	263,42

### 3.3 Построение графиков тепловой нагрузки

Определяем часовые расходы тепла на отопление при  $t = +8^\circ\text{C}$ .

$$Q_o^8 = Q_m^o \cdot \frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_n^p} = 6,59 \cdot \frac{16 - 8}{16 - (-40)} = 0,941 \text{ Гкал / час}$$

$t_n$  – произвольная температура наружного воздуха;

$t_{вн}$  – внутренняя температура;

$t_{вн} = +16^\circ\text{C}$  – для промышленных предприятий.

Строим график тепловых нагрузок (приложение Б), отложив значение  $Q_o^8$  при  $t_n = +8^\circ\text{C}$  и  $Q_m^o$  при  $t_n^o = -40^\circ\text{C}$ , соединив их прямой получим график  $Q_o = f(t_n)$ , т.е. график зависимости тепловой нагрузки от наружной температуры.

Продолжительность стояния температур наружного воздуха для Стрежевого в часах и продолжительность отопительного периода даны в таблице №3.

Таблица №3

Температура наружного воздуха											
t°С	Ниже -40	-40 -35	-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0	0 +5	+5 +10
n, час	14	64	144	267	428	661	873	862	564	846	594
Σn	14	78	222	489	917	1578	2451	3313	4177	5023	5617

Откладываем по оси абсцисс вправо количество часов, проводя перпендикуляры от температур, например +8°С, -10°С и т.д. до пересечения с линией ΣQ, из этих точек проводим горизонтальные линии до точки исчисления с перпендикулярами, проведенными из точек на оси продолжительности, соответствующие данным температурам. Соединив точки пересечения плавной кривой, получаем график продолжительности тепловой нагрузки за отопительный период.

Для построения годового графика теплопотребления по месяцам выпишем среднемесячные температуры наружного воздуха для г. Стрежевой в таблицу №4.

Таблица №4

Пе-риод	Ян-варь	Фев-раль	Март	Ап-рель	Май	Июнь	Июль	Ав-густ	Сен-тябрь	Октя-брь	Ноя-брь	Дека-брь
t <sub>н</sub>	-19,1	-16,9	-9,9	0	+8,7				+9,3	+0,8	-10,1	-17

Используя формулу пересчета определим часовые расходы теплоты на отопление по средней температуре каждого месяца.

Так для января месяца:

$$Q_o^8 = Q_o^{-19,1} = 6,59 \cdot \frac{16 - (-19,1)}{16 - (-40)} = 4,13 \text{ Гкал / час}$$

аналогично делаем расчеты по каждому месяцу, данные заносим в таблицу №5.

Таблица №5

Среднемесячная температура наружного воздуха									
t, °C	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
	-19,1	-16,9	-9,9	0	+8,7	+9,3	+0,8	-10,1	-17,3
Q <sub>o</sub> , Гкал/ч	4,13	3,871	3,048	1,883	0,859	0,788	1,789	3,071	3,919

Используя полученные данные, построим годовой график теплового потребления по месяцам (приложение В).

Потребители тепла подключены по зависимой схеме присоединения отопительных нагрузок (схема безэлеваторная) при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке.

Значения температур сетевой воды для системы отопления  $\tau'_{1o}; \tau'_{2o}$  определяем

$$\tau'_{1o} = t_{вн} + \Delta t \cdot \bar{Q}_o^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5 \cdot \theta) \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C} \text{ - в подающем трубопроводе;}$$

$$\tau'_{2o} = t_{вн} + \Delta t \cdot \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5 \cdot \theta \cdot \bar{Q}_o^{0,8}, \text{ } ^\circ\text{C} \text{ - обратном трубопроводе, где}$$

$t_{вн}$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $t_{вн} = +16^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t$  – расчетный температурный напор нагреваемых приборов:

$$\Delta t = \frac{\tau_{1o} + \tau_{2o}}{2} - t_{вн} = \frac{95 + 70}{2} - 16 = 66,5^\circ\text{C, где}$$

$\tau_{1o}$  и  $\tau_{2o}$  – расчетная температура прямой и обратной сетевой воды,  $^\circ\text{C}$

$$\tau_{1o} = 95^\circ\text{C}; \tau_{2o} = 70^\circ\text{C};$$

$\Delta \tau$  – расчетный перепад температур сетевой воды,  $\Delta \tau = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$ ;

$\theta$  – расчетный перепад температур в системе отопления,  $\theta = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$ ;

$\bar{Q}_o$  – зависимость отопительного расхода тепла на отопление от температуры наружного воздуха

$$\bar{Q}_o = \frac{t_{в} - t_{н}}{t_{в} - t_{нo}^p}$$

Так для температуры наружного воздуха  $t_{н} = -8^\circ\text{C}$ .

$$\tau_{1o} = 16 + 66,5 \cdot \left( \frac{16+8}{16+40} \right)^{0,8} + (25 - 0,5 \cdot 25) \cdot \left( \frac{16+8}{16+40} \right) = 56,1^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{2o} = 16 + 66,5 \cdot \left( \frac{16+8}{16+40} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot \left( \frac{16+8}{16+40} \right) = 45,4^{\circ}\text{C}$$

Аналогично выполняем расчеты для других температур  $t_H$ , данные сводим в таблицу №6.

Таблица №6

$\tau$	$t_H, ^{\circ}\text{C}$												
	-4	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	-26	-28	-30
$\tau_{1o}$	50,6	56,1	58,6	61,3	63,9	66,5	68,6	71,4	73,8	76,2	78,6	81,1	83,4
$\tau_{2o}$	41,7	45,4	47	48,8	50,5	52,2	53,8	55,3	56,9	58,4	59,9	61,4	62,1

Таблица №6 (продолжение)

$\tau$	$t_H, ^{\circ}\text{C}$				
	-32	-34	-36	-38	-40
$\tau_{1o}$	85,7	88,1	90,4	92,7	95
$\tau_{2o}$	64,3	65,7	67,1	68,5	70

Как видно из полученных данных температура воды является однозначной функцией относительной нагрузки.

### 3.4 Гидравлический расчет сети

В целях снижения капитальных затрат на строительство теплотрассы при переносе источника питания используем часть существующих тепловых сетей и каналов, и в целях снижения непредвиденных потерь прокладываем часть сетей по техническим коридорам.

Составляем расчетную схему (приложение Г) с нанесением длин, диаметров, местных сопротивлений и расчетных расходов теплоносителя по всем участкам сети.

Схема теплоснабжения закрытая.

По известному расходу (таблица №2), ориентируясь на удельные потери давления в магистральных трубопроводах  $\Delta P \leq 8$  мм вод. ст., для распределительных сетей и ответвлений  $\Delta P \leq 15 \div 30$  мм вод. ст., по таблицам для гидравлического расчета определяем диаметры трубопроводов. Для компенсации тепловых удлинений применяем П-образные компенсаторы, их количество определяем по таблице в

зависимости от диаметров и наносим их на схему. Устанавливаем запорную арматуру.

Схему разбиваем на участки, нумеруем, начиная с главной магистрали, а потом ответвлений, и начинаем гидравлический расчет с наиболее протяженной и загруженной ветви с самого удаленного участка.

При движении теплоносителя по трубам полные потери давления определяем:

$$\Delta H = \Delta H_{л} + \Delta H_{м}, \text{ м.вод.ст.}, \text{ где}$$

$\Delta H_{л}$  - падение давления вследствие трения на прямолинейных участках трубопровода, м.вод.ст.;

$\Delta H_{м}$  - падение давления вследствие трения в местных сопротивлениях (арматура, колена, переходы и т.д.), м.вод.ст.

Суммарные потери давления:

$$\Delta H = \Delta P \cdot l_{пр}, \text{ м.вод.ст.}, \text{ где}$$

$l_{пр}$  – приведенная длина трубопровода, м;

$$l_{пр} = l + \sum \zeta, \text{ м, где}$$

$\sum \zeta$  – эквивалентная длина местных сопротивлений, м.

Так как система теплоснабжения закрытая, то потери давления в подающем и обратном трубопроводах будут одинаковыми.

По таблице по известным расходам и диаметрам определяем удельные потери давления, кгс/м<sup>2</sup>·м и скорости, м/сек.

Так как таблицы гидравлического расчета составлены при  $k_{э}=0,5$  мм,  $\rho=958,4$  кгс/м<sup>3</sup>, то при средней температуре воды 100°С, в наших условиях средняя температура воды 82,5°С,  $\rho=971,8$  кгс/м<sup>3</sup> вводим поправочный коэффициент:

$$k = \frac{\gamma}{\gamma^1} = \frac{958,4}{971,8} = 0,986,$$

тогда в расчетах  $\Delta h = \Delta h \cdot k$ , кгс/м<sup>2</sup>·м;

$$w^1 = w \cdot k, \text{ м/сек.}$$

Коэффициент шероховатости принимаем табличный  $k_{э}=0,5$  мм·м.

Расчет начинаем с участка №1:

$$d_1 = 152 \times 4,5 \text{ мм};$$

$$L = 55 \text{ м};$$

$$G_1 = 49,6 \text{ т/час};$$

$$\Delta h = 7,3 \cdot 0,986 = 7,19 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$$

Местные сопротивления:

$$\text{задвижка} - \zeta = 2,76;$$

$$\text{отвод} - \zeta = 4,83;$$

$$\text{ответвление} - \zeta = 2,81;$$

$$\Sigma \zeta = 10,4 \text{ м};$$

$$l_{\text{ПР}} = 55 + 10,4 = 65,4 \text{ м};$$

$$w = 0,89 \cdot 0,986 = 0,87 \text{ м/сек}$$

Потери напора на участке:

$$\Delta H = \Delta h \cdot l_{\text{ПР}} = 7,19 \cdot 65,4 = 465,45 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$$

Потери напора в 2-х трубопроводах:

$$\Delta H_2 = 2 \cdot 465,45 = 933,9 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м} = 0,0934 \text{ м.вод.ст.}$$

Аналогично рассчитываем все участки, данные заносим в таблицу №8.

В таблице №7 представлен расчет эквивалентных длин местных сопротивлений.

Таблица №7

№ участка	d <sub>y</sub>	Местные сопротивления	Кол-во	ζ	Σζ
6	125	П-образный компенсатор	1	12,5	31,24
		Тройник	1	12,6	
		Переход 200/125	1	1,32	
		Задвижка	1	2,2	
		Сальниковый компенсатор	1	2,64	
7	200	Разделительный поток	2	12,6	105,04
		Отвод	5	5,04	
		П-образный компенсатор	2	24,8	
		Задвижка	1	5,04	
8	250	Разделительный поток	3	16,7	66,8
		Сальниковый компенсатор	1	6,66	
		Задвижка	1	3,33	
		Отвод	1	6,7	
№ участка	d <sub>y</sub>	Местные сопротивления	Кол-во	ζ	Σζ
1	150	Отвод	1	4,83	10,4
		Задвижка	1	2,76	
		Разделительный поток	1	2,81	

2	150	Разделительный поток	1	3,59	31,04
		Задвижка	1	3,45	
		П-образный компенсатор	1	24	
3	200	П-образный компенсатор	1	24,8	36,6
		Разделительный поток		12,6	
4	200	Отвод	1	6,3	21
		Задвижка	1	4,2	
		Разделительный поток		10,5	
5	300	Разделительный поток	1	20,6	89,89
		П-образный компенсатор	1	40	
		Отвод	3	8,34	
		Задвижка	1	4,17	

Таблица №8.

№ уч-ка	Диаметр $D_{вн}$ , м	Длина L, м	Суммар- ный коэф-т М.С. $\Sigma\xi$ , м	При- веден- ная длина $l_{пр}$ , м	Расход воды G, т/час	Скорость W, м/сек	Попра- вочный коэф-т k	Расчет- ное зна- чение уд. потерь $\Delta h_{тр}$ , $кгс/м^2 \cdot м$	Потери напора от источ- ника $\Delta H$ , $кгс/м^2 \cdot м$	Потери напора от источ- ника $\Delta H$ , м.вод.ст
I ветвь										
1	0,150	55	10,4	65,4	49,6	0,89	0,986	7,3	465,95	0,0496
2	0,150	40	31,04	71,04	69,48	1,15	0,986	11,6	812,52	0,08125
3	0,200	75	36,6	106,6	92,16	0,83	0,986	4,1	430,94	0,0431
4	0,200	140	21	161	142,16	1,24	0,986	9,2	1460,5	0,14605
5	0,300	70	89,89	159,89	263,42	1,01	0,986	3,54	558,08	0,05581
									3727,99	0,3728
II ветвь										
6	0,125	120	31,24	121,24	33,2	0,78	1,085	6,74	1106	0,1106
7	0,200	210	105	315	79,2	0,69	0,986	2,76	857,22	0,0857
8	0,250	60	66,8	126,8	121,26	1,08	0,986	6,74	443,92	0,0444
									2407,14	0,241

### 3.5 Необходимый располагаемый напор сетевых насосов

$$\Delta H_{CH} = \Delta H_{ny} + \Delta H_C^P + \Delta H_a, \text{ м.вод.ст., где}$$

$\Delta H_{ny}$  - потери напора в подогревательной установке, принимаем

$$\Delta H_{ny} = 15 \text{ м.вод.ст.};$$

$\Delta H_C^P$  - расчетные потери в сети;

$$\Delta H_C^P = 0,3728 \times 2 = 0,746 \text{ м.вод.ст.};$$

$\Delta H_a$  - располагаемый напор на абонентском вводе, принимаем

$$\Delta H_a = 15 \text{ м.вод.ст.},$$

тогда  $\Delta H_{CH} = 15 + 0,746 + 15 = 30,746 \text{ м.вод.ст.}$

### 3.6 Построение пьезометрического графика

Пьезометр строим при ровном рельефе местности. Так как присоединенные здания имеют высоту: 4-х этажные 12 м; 2-х этажные 7,2 м принимаем статический напор - 15 м из условия заполнения системы в холодном состоянии, он может оставаться без изменения и при гидравлическом режиме.

3.6.1 Чертим однолинейную схему тепловой сети в масштабе (приложение Г). Принимаем, что ось трубопровода совпадает с рельефом местности.

3.6.2 Откладываем высоту всасывания сетевых насосов, которая эквивалентна напору в обратном трубопроводе, принимаем

$$H_{BC} = 20 \text{ м.вод.ст.}$$

3.6.3 Откладываем напор сетевых насосов  $\Delta H_{CH}$ .

3.6.4 Строим линии напора в прямом и обратном трубопроводе при одинаковых диаметрах прямой и обратной трассы, при отсутствии водоразбора, пьезометры этих линий располагаются симметрично.

### **3.7 Выбор сетевых насосов**

По располагаемому напору и расходу сетевой воды (по расчету котельной) выбираем марку сетевого насоса GronoBlok–Vh 80/165–22/2 производства германской фирмы «Wilо»

Характеристика насоса

расход воды – 206 м<sup>3</sup>/час;

напор – 31 м;

частота вращения – 2900 об/мин

мощность электродвигателя – 22 кВт;

Выбираем 3 насоса – 2 рабочих, 1 резервный.

## 4 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 4.1 Расчет тепловой схемы

Задача расчета тепловой схемы заключается в определении расходов и параметров потоков воды, теплопроизводительности основного оборудования, а также расходов тепла в различных характерных режимах отпуска тепла, что служит обоснованием достоверности выбранного оборудования для разных расчетных условий.

Расчетный расход тепла при  $t_H^p = -40^\circ\text{C}$ , подлежащий отпуску теплоподготовительной установкой:

$$Q_{Omn}^p = Q_O^p + Q_{т.н.}^p, \text{ Гкал/час, где}$$

$Q_O^p$  - расчетная тепловая нагрузка на отопление

$$Q_O^p = 9,59 \text{ Гкал/час (по заданию)}$$

$Q_{т.н.}^p$  - расчетные тепловые потери, принимаем 5%

$$Q_{т.н.}^p = \frac{9,59 \cdot 0,05}{0,95} = 0,505 \text{ Гкал/час, тогда}$$

$$Q_{Omn}^p = 9,59 + 0,505 = 10,095, \text{ Гкал/час}$$

Суммарный расчетный расход сетевой воды при температурном графике 95/70 °С:

$$G_{с.в}^p = \frac{Q_{Omn}^p}{\Delta t} = \frac{10,095}{25} = 403,8 \text{ м}^3/\text{час}$$

Так как система теплоснабжения закрытая, то расход сетевой воды в прямом и обратном трубопроводах будет одинаков.

Определяем расчетный расход воды в котловом контуре:

$$G_{к.к.}^p = \frac{Q_{к.к.}^p}{\Delta t} \text{ м}^3/\text{час, где}$$

$Q_{к.к.}^p$  - расчетная выработка тепла, Гкал/час

$$Q_{к.к.}^p = Q_{Omn}^p + Q_{с.н.}^p, \text{ Гкал/час, где}$$

$Q_{с.н.}^p$  - расход тепла на собственные нужды котельной. Принимаем для жаротрубных котлов по норме  $Q_{с.н.}^p = 2,01\%$

$$Q_{с.н.}^p = \frac{10,095 \cdot 2,01}{97,99} = 0,207 \text{ Гкал/час}, \text{ тогда}$$

$$Q_{к.к.}^p = 10,095 + 0,207 = 10,302 \text{ Гкал/час}$$

Расход воды в котловом контуре при температурном графике 115/80 °С

$$G_{к.к.}^p = \frac{10,302}{35} = 294,34 \text{ м}^3/\text{час}$$

Чертим расчетную тепловую схему с указанием расчетных параметров.

Составляем таблицу №9 исходных данных для расчета тепловой схемы котельной (рисунок 1), для чего производим расчет тепловых нагрузок для наиболее характерных температур наружного воздуха, а именно для наиболее холодного месяца отопительного периода (в нашем случае для января при  $t_{н.я}^p = -19,9^\circ\text{C}$ ) и среднегодовой температуре наружного воздуха за отопительный период (для г.Томска  $t_{н.в.}^{cp} = -8,4^\circ\text{C}$ ).

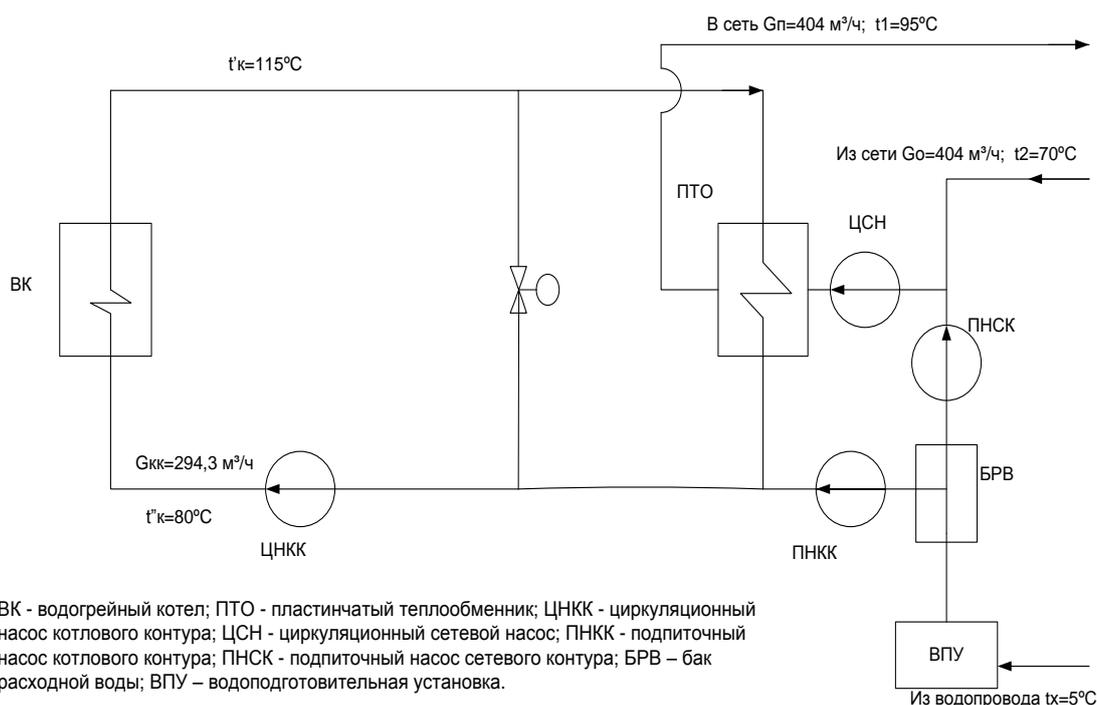


Рисунок 1. Расчетная тепловая схема котельной.

Определяем коэффициент снижения расхода тепла для января при  $t_{Н.Я}^P = -19,9^\circ\text{C}$ , как наиболее холодного месяца:

$$K_{Н.х.} = \frac{t_{вн} - t_{н}}{t_{вн} - t_{н}^P} = \frac{16 - (-19,9)}{16 - (-40)} = 0,641;$$

для  $t_{н.в.}^{cp} = -8,4^\circ\text{C}$ :

$$K_{cp} = \frac{16 - (-8,4)}{16 - (-40)} = 0,436$$

Определяем температуру воды в подающее и обратном трубопроводах

для  $t_{н.я}^P = -19,9^\circ\text{C}$

$$t_{1нх} = 16 + 66,5 \cdot 0,641^{0,8} + 12,5 \cdot 0,641 = 70,56^\circ\text{C}$$

$$t_{2нх} = 16 + 66,5 \cdot 0,641^{0,8} - 12,5 \cdot 0,641 = 54,5^\circ\text{C}$$

для  $t_{н.в.}^{cp} = -8,4^\circ\text{C}$

$$t_{1cp} = 16 + 66,5 \cdot 0,436^{0,8} + 12,5 \cdot 0,436 = 55,68^\circ\text{C}$$

$$t_{2cp} = 16 + 66,5 \cdot 0,436^{0,8} - 12,5 \cdot 0,436 = 44,78^\circ\text{C}$$

Определяем суммарный отпуск тепла

для  $t_{н.я}^P = -19,9^\circ\text{C}$

$$Q_{отп}^{Н.х.} = Q_{отп}^P \cdot K_{Н.х.} = 10,095 \cdot 0,641 = 6,471 \text{ Гкал / час}$$

для  $t_{н.в.}^{cp} = -8,4^\circ\text{C}$

$$Q_{отп}^{cp} = Q_{отп}^P \cdot K_{cp} = 10,095 \cdot 0,436 = 4,401 \text{ Гкал / час}$$

Определим расход воды в подающей и обратной магистрали

для  $t_{нх}$

$$G_{Н.х.} = \frac{Q_{отп}^{Н.х.}}{\Delta t_{Н.х.}} = \frac{6,471}{70,56 - 54,5} = \frac{6,471}{16,06} = 403 \text{ м}^3 / \text{час}$$

для  $t_{cp}$

$$G_{cp} = \frac{Q_{omn}^{cp}}{\Delta t_{cp}} = \frac{4,401}{55,68 - 44,78} = \frac{4,401}{10,9} = 403,8 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Все данные заносим в таблицу №9.

Исходные данные, для расчета тепловой схемы.

Таблица №9

Наименование величин	Условные обозначения	Значение величин при характерных режимах работы котельной		
		$t_{н.о.}^p, ^\circ\text{C}$	$t_{н.х.}, ^\circ\text{C}$	$t_{н.ср.}, ^\circ\text{C}$
Температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$	$t_n$	- 40	- 19,9	- 8,4
Температура воздуха внутри помещения, $^\circ\text{C}$	$t_{вн}$	+16	+16	+16
Расход тепла на отопление, ккал/час	$Q_{от}$	9590	6147	4200
Потери в сетях 5%, ккал/час	$Q_{пот}$	503	323	220
Суммарный отпуск тепла, ккал/час	$Q_{отп}$	10095	6471	4401
Собственные нужды котельной 2,01%, ккал/час	$Q_{с.н.}$	207	133	90

Продолжение таблицы №9

Наименование величин	Условные обозначения	Значение величин при характерных режимах работы котельной		
		$t_{н.о.}^p, ^\circ\text{C}$	$t_{н.х.}, ^\circ\text{C}$	$t_{н.ср.}, ^\circ\text{C}$
Температура воды в подающем трубопроводе, $^\circ\text{C}$	$t_1$	95	70,56	55,68
Температура воды в обратном трубопроводе, $^\circ\text{C}$	$t_2$	70	54,5	44,78
Расход воды в подающей и обратной линиях, $\text{м}^3/\text{час}$	$G_{под} \approx G_{обр}$	403,8	403	403,8
Температура сырой воды, $^\circ\text{C}$	$t_x$	+5	+5	+5
Коэффициент собственных нужд ХВО	$K_{хво}$	1,25	1,25	1,25

Определяем расход подпиточной воды для восполнения потерь в тепловых сетях.

Для закрытой схемы теплоснабжения норма утечек составляет 0,25% от объема воды в теплосетях.

Так как расход воды в теплосетях для всех трех характерных режимах практически одинаков, то расчет ведем по максимальной величине, т.е.

$$G_{ум}^P = 0,0025 \cdot V_{т.с.} = 0,0025 \cdot 403,8 = 1,01 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Подпитка котлового контура

$$G_{ум\ к.к.}^{к.к.} = 0,0025 \cdot V_{к.к.} = 0,0025 \cdot 294,34 = 0,736 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Расход сырой воды, поступающей на ХВО, при коэффициенте собственных нужд ХВО  $K_{хво} = 1,25$  будет

$$G_{с.в.}^{хво} = (1,01 + 0,736) \cdot 1,25 = 2,18 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Следовательно, установка ХВО производительностью 2,5 м<sup>3</sup>/час выбрана правильно.

Расход воды в котловом контуре постоянный  $G_{к.к.}^P = 294,34 \text{ м}^3 / \text{час}$ .

Регулирование отпущенного тепла производится путем перепуска воды из подающей магистрали в обратную через электромагнитный вентиль с сигналом от наружной температуры.

Для максимального (расчетного режима) расход воды на перепускной линии равен 0.

Определяем расход котловой воды через подогреватель из уравнения теплового баланса:

$$\frac{G_{к.к.} \cdot \Delta t_{к.к.}}{\eta} = G_{с.в.} \cdot \Delta t_{с.в.}$$

для  $t_{нх}$

$$G_{подогр}^{н.х} = \frac{403 \cdot 16,06 \cdot 0,98}{35} = 181,22 \text{ м}^3 / \text{час}$$

для  $t_{ср}$

$$G_{подогр}^{ср} = \frac{403,8 \cdot 10,9 \cdot 0,98}{35} = 123,24 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Тогда количество воды по перепускной линии будет

для  $t_{нх}$

$$G_{пер}^{н.х} = 294,34 - 181,22 = 113,12 \text{ м}^3 / \text{час}$$

для  $t_{ср}$

$$G_{пер}^{ср} = 294,34 - 123,24 = 170,84 \text{ м}^3 / \text{час}$$

## 4.2 Выбор оборудования

На основании проведенных расчетов к установке принимается:

- котлоагрегат «Турботерм-5000» с комбинированной горелкой RGL 60/2-A, производства фирмы «Рэмэкс-Сибирь» г.Томск;
- котлоагрегат «Турботерм-5000» с газовой горелкой G 60/2-A, производства фирмы «Рэмэкс-Сибирь» г.Томск;
- котлоагрегат «Турботерм-2000» с газовой горелкой G 8/1-B, производства фирмы «Рэмэкс-Сибирь» г.Томск;
- пластинчатый теплообменник NP150S CD-16, (2 - рабочих, 1 - резервный), производства германской фирмы «GEA Ecoflex GmbH»;
- циркуляционные насосы котлового контура CгопоV1ос-BL 80/145-11/2,  
(2 - рабочих, 1 - резервный) производства германской фирмы «WILO»;
- циркуляционные насосы котлового контура (летний) CгопоV1ос-BL 40/130-3/2, производства германской фирмы «WILO»;
- циркуляционные насосы сетевого контура CгопоV1ос-BL 80/165-22/2,  
(2 - рабочих, 1 - резервный) производства германской фирмы «WILO»;
- циркуляционные насосы сетевого контура (летний) CгопоV1ос-BL 50/150-7,5/2, производства германской фирмы «WILO»;
- подпиточный насос котлового контура MHI 404, (1- рабочий, 1 - резервный) производства германской фирмы «WILO»;
- подпиточный насос котлового контура MHI 1604, (1 - рабочий, 1 - резервный) производства германской фирмы «WILO»;
- расширительные мембранные баки емкостью 500 л каждый – 3 шт. производства фирмы «Wester Line»;

- бак подпитки ( $V = 10 \text{ м}^3$ );
- блок водоподготовительной установки:
- повысительный насос (1-рабочий, 1-резервный) производства германской фирмы «Грундфос»;
- бак для воды Combi W 1500 (объемом 1500 л);
- мембранный расширительный бак  $V=100$  л, производства фирмы «Reflex»;
- фильтр обезжелезивания HFM 2472-263/760, производительностью до  $4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- фильтр умягчения AT 1672-255-960, производительностью до  $4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

#### **4.3 Основные эксплуатационные параметры и технические характеристики котлов «Турботерм-5000» и «Турботерм-2000»**

1. Мощность номинальная, МВт	5,0	2,0
2. Коэффициент полезного действия (жидкое топливо),%	92	92
3. Максимальная температура воды на выходе, °С	115	115
4. Минимальная температура воды на входе, °С	70	70
5. Габаритные размеры , м, не более		
длина	5,45	3,944
ширина (диаметр)	2,582	1,988
высота	2,91	2,268
6. Полная поверхность нагрева, $\text{м}^2$	195	64,4
7. Масса котла, т, не более	13,4	6,86
8. Водяной объем, $\text{м}^3$	14,3	2,4
9. Гидравлическое сопротивление, кПа, не более	8-11	8-11
10. Расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	95,8-173	38,2-68,8
11. Температура уходящих газов при номинальной производительности, °С, не более	170	170

Котлы комплектуются: комбинированной горелкой RGL 60/2-A, газовой горелкой G 60/2-A и газовой горелкой G 8/1 -B производства фирмы «Weishaupt» (Германия), с плавно изменяющейся нагрузкой, оснащены автоматикой регулирования и управления. Котлы работают без тягодутьевых установок.

Горелка RGL 60/2 предназначена для сжигания природного газа и легкого жидкого топлива с вязкостью до 6 мм<sup>2</sup>/м при 20°C.

Горелки G 60/2-A, G 8/1 -B предназначены для сжигания газообразного топлива.

Горелки работают с медленным регулированием мощности. При данном регулировании устанавливается большая и малая нагрузки в диапазоне регулирования. В зависимости от потребности тепла горелка плавно управляет обоими моментами нагрузки. Не происходит внезапного включения или отключения большого количества топлива.

Смена топлива на горелке RGL 60/2-A происходит путем ручного или автоматического переключения.

Все конструктивные элементы горелки собраны в единый блок. Все устройства для регулирования топлива и воздуха при наладке легкодоступны. Горелки откидываются влево и вправо.

Процесс работы горелок полностью автоматизирован.

## 5 ВОДОПОДГОТОВКА

Для предотвращения образования отложений на поверхности нагрева и снижения коррозионной активности котловой и сетевой воды, проектом предусматривается водоподготовительная установка, для доведения качества подпиточной воды котлового и сетевого контуров до требований ОСТ 108.030.47-81 (схема приведена на приложении Д).

### 5.1 Описание работы установки ХВП

Источник водоснабжения котельной - природная подземная вода из артезианской скважины.

Исходная вода содержит иловые и песчаные частицы, избыточное количество растворенного железа и марганца, и солей жесткости и требует перед потреблением очистки

На входе воды в котельную установлена накопительная ёмкость объемом 1,5 м<sup>3</sup>. В эту же ёмкость с помощью воздушного компрессора, производительностью 80 л/м, подается воздух, способствующий процессу окисления.

Вода, обогащенная кислородом, при помощи фильтрационных насосов подается в осветлительные фильтры типа НФМ 2162-MG,FL,942, ННВ, где происходит удаление глины, песка и других механических примесей.

Работоспособность фильтров восстанавливают обратной промывкой. Промывка производится два раза в неделю в 2.00 ночи.

Осветлительные фильтры включены в схему параллельно, промывка фильтров происходит поочередно. При отключении одного осветительного фильтра на промывку, другой остается в работе.

После осветительных фильтров вода поступает в фильтры обезжелезивания типа НФИ 2162-MG,FA,962,ННВ. В качестве фильтрующей загрузки в фильтры загружен биологически каталитический материал: зеленый песок (Грин Занд), который способствует окислению соединений железа, марганца и сероводорода ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ), растворенных в воде, в водонерастворимые соединения ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ) которые выпадают в осадок в

виде хлопьев. Этот хлопьевидный материал осаждается в фильтровальном слое.

Осадок может быть удален из фильтровального слоя в процессе обратной промывки исходной или очищенной водой, подаваемой в направлении снизу вверх. После взрыхления фильтрующей загрузки необходимо провести прямоточную промывку для уплотнения слоя фильтрующего материала и удаления из фильтра остатков промывочной воды.

Для восстановления окислительной способности фильтрующей загрузки (зеленого песка) необходимо провести регенерацию слабым раствором марганцовокислого калия ( $\text{KMnO}_4$ ).

Фильтры обезжелезивания включены в схему параллельно. После истощения рабочей способности фильтрующего материала фильтры автоматически, поочередно, отключаются на регенерацию. На выходе каждого фильтра обезжелезивания установлен зонный шаровой кран с сервоприводом, когда один из фильтров уходит на регенерацию сигнал от микропереключателя установленного на управляющем автоматическом клапане, уходит на зонный шаровой кран с сервоприводом, и он запирает ток воды. Таким образом, в процессе регенерации в режиме фильтрации находится только один фильтр.

После фильтров обезжелезивания химически очищенная вода проходит через механический фильтр типа AVANTIRF предназначенный для очистки воды от взвешенных частиц крупностью более 90  $\mu\text{m}$ . Механический фильтр рекомендуется промывать не реже 1 раза в месяц, при необходимости периодичность промывок можно увеличить.

После механического фильтра вода поступает на установку умягчения типа HFS-1865-278/964 RS. В качестве фильтрующей загрузки используется Na-катионообменная смола (Dowes HCR-S/S), которая предназначена для умягчения воды, т.е. удаления из нее накипеобразующих ионов кальция и магния. На фильтре умягчения сорбируется основное количество

содержащихся в воде ионов Са и Mg, обменивая их на эквивалентное количество ионов Na (натриевые соли не образуют накипь). Смола регенерируется раствором поваренной соли в автоматическом режиме по программе, установленной при пуско-наладке. Баллоны фильтра умягчения работают поочередно. Сначала работает первый баллон фильтра умягчения, когда емкость рабочего баллона исчерпана, то управляющий таймер включает в работу второй резервный баллон, а первый баллон переводит в режим регенерации, а после завершения регенерации в режим ожидания. Второй баллон находится в режиме работы до тех пор, пока его ионообменная емкость не будет исчерпана, затем в работу вводится первый резервный баллон фильтра умягчения, а второй отключается на регенерацию.

После завершения процесса регенерации необходимо засыпать в солевой бак соль (расход соли должен соответствовать значению, указанному в режимной карте) и разровнять его ровным слоем. Для регенерации установки умягчения рекомендуется использовать таблетированную соль.

После установки умягчения химически очищенная вода подается в подпиточный бак, объемом 10 м<sup>3</sup>. На подпиточном баке установлены датчики уровня. Нижний уровень, средний уровень и верхний. Сигнал от датчиков уровня поступает на контроллер КОНТАР МС8, который по определенной программе управляет электромагнитным нормально-закрытым клапаном. При достижении верхнего уровня клапан закрывается, прекращая при этом проток воды через фильтра, а при среднем уровне открывается.

Из подпиточного бака с помощью подпиточных насосов подается на подпитку котлов, с помощью промывочных насосов, также может подаваться на промывку фильтров.

Система подпиточной воды служит для автоматического восполнения потерь теплосети водой. Подпитка осуществляется автоматически из бака подпитки подпиточными насосами. На входе водопровода в котельную установлен счетчик холодной воды.

Источник водоснабжения котельной - природная подземная вода из артезианской скважины.

Основное назначение установки ХВП - механическая очистка, обезжелезивание и умягчение исходной воды для приготовления питательной воды необходимого качества согласно РД 24.031.120-91.

## **5.2 Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов**

Согласно РД 24.031.120-91 показатели качества подпиточной и сетевой воды водогрейных котлов, для закрытой системы теплоснабжения, не должны превышать среднесуточных значений по следующим показателям:

Таблица №10.

Прозрачность по шрифту, см, не менее	30
Карбонатная жесткость (при рН не более 8,5), мкг-экв/кг	700
Содержание соединений железа в пересчете на Fe, мкг/кг	500
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг	50
Значение рН при 25 °С	7,0-11,0
Содержание нефтепродуктов, мг/кг	1,0

## **5.3 Техническая характеристика оборудования установки ХВП**

Для восполнения потерь в котловом и сетевом контуре необходимо использовать воду надлежащего качества согласно РД 24.031.120-91. В результате чего предусмотрена установка ХВП включающая в себя следующее основное оборудование:

Осадочный фильтр типа НFM-2162-MG,FL,942,NHВ предназначен для удаления из воды песка, глины, других механических примесей.

Фильтрующая загрузка:

а) Filter Ag - 150л, изготовлен из гранулированного пористого алюмоносилката и предназначен для удаления из воды механических примесей. Сплошность фильтрации составляет 20-40 мкм.

б) Кварцевый песок - 30 л.

с) Поддерживающий слой гравия - 30 л.

Технические характеристики осадочного фильтра НFM-2162-MG,FL,942, NHВ

Таблица №11

№	Наименование	Обозначения	Ед. изм.	Формула расчета	Значение
1.	Осадочный фильтр	A	шт.	-	2
2.	- диаметр	D	мм	-	525,0
3.	- высота	H	мм	-	1580,0
4.	- высота загрузки	H <sub>СЛ</sub>	мм	-	680,0
5.	- площадь фильтрования	f <sub>Na</sub>	м <sup>2</sup>	$f_{Na}=3.14 \cdot D^2/4$	0,22
6.	- объем Filter Ag	V <sub>k</sub>	м <sup>3</sup>	$V_k = f_{Na} \cdot H_{СЛ}$	0,150
7.	Скорость фильтрования	W <sub>Na</sub>	м/час	$W_{Na} = Q_{Na} \cdot f_{Na}$	11,4
8.	Производительность	Q <sub>Na</sub>	м <sup>3</sup> /ч	$Q_{Na} = f_{Na} \cdot W_{Na}$	2,5

### Описание работы фильтра.

Работа фильтров основана на принципе объемного фильтрования воды. Промывка фильтров осуществляется обратным током исходной воды. Все операции процесса промывки выполняются автоматически за счет давления исходной воды без использования промежуточных емкостей и насосов. Сброс сточных вод, образующихся в процессе промывки, производится в хозяйственно-бытовую или производственную канализацию. Процесс промывки фильтров состоит из следующих операций:

Операция 1 - обратная промывка фильтрующего материала исходной или очищенной водой, подаваемой в направлении снизу вверх. Служит для взрыхления материала и его очистки от накопившегося осадка.

Операция 2 - прямоточная отмывка фильтрующего материала исходной водой для уплотнения слоя и удаления из него остатков промывной воды.

Фильтр обезжелезивания типа HFI-2162-MG,FA,962,NHB предназначен для удаления из воды соединений железа и марганца.

#### Фильтрующая загрузка:

а. Manganese Greensand (MGS) -168 л, биологически каталитический материал зеленый песок (Грин Занд), изготовлен на основе глауканитового песка, который способствует окислению Fe<sup>2+</sup> растворенного в воде, в Fe<sup>3+</sup> который выпадает в осадок, а также он способен удалять из воды марганец и сероводород в результате реакций окисления. При окислении эти соединения становятся водорастворимыми, осаждаются и отфильтровываются в процессе регенерации в фильтровальном слое, осаждаясь в виде хлопьевидного

материала. Для восстановления окисляющих свойств цеолит обрабатывается раствором перманганата калия. Для предотвращения слеживания MGS, необходимо не реже одного раза в неделю взрыхлять загрузку обратным течением воды.

Продукт содержит:

а)  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}_2$ . Активная составляющая марганцевого цеолита - оксид марганца  $\text{MnO}_2$ .

б) Кварцевый песок - 30 л.

в) Поддерживающий слой гравия - 30 л.

Технические характеристики фильтра обезжелезивания воды HFI-2162-MG,FA,962,NHB

Таблица №12

№	Наименование	Обознач	Ед. изм.	Формула расчета	Значение
1.	Фильтр обезжелезивания	A	шт	-	2
2.	- диаметр	D	мм	-	525,0
3.	- высота	H	мм	-	1780,0
4.	- высота загрузки	$H_{\text{СД}}$	мм	-	764
5.	- площадь фильтрования	$f_{\text{Na}}$	$\text{м}^2$	$f_{\text{Na}}=3.14 \cdot D^2/4$	0,22
6.	- объем МС8	$V_k$	$\text{м}^3$	$V_k= f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{СД}}$	0,168
7.	Железо общее	Fe	мг/л	Анализ исходной воды	0,56
8.	Марганец	Mn	мг/л		0,25
9.	Скорость фильтрования	$W_{\text{Na}}$	м/час	$W_{\text{Na}}= Q_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}}$	12,3
10.	Производительность фильтра	$Q_{\text{Fe}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{Fe}}= f_{\text{Na}} \cdot W_{\text{Na}}$	2,7
11.	Емкость марганцевого цеолита: по железу по марганцу по сероводороду	$E_{\text{Fe}}$ $E_{\text{MN}}$ $E_{\text{H}_2\text{S}}$	г/л г/л г/л	По данным завода изготовителя	1,4 0,7 0.25-0.36
12.	Ресурс фильтра обезжелезивания до регенерации	$V_{\text{Fe}}$	$\text{м}^3$	$V_{\text{Fe}}=E_{\text{Fe}} \cdot V_k \cdot 1000/ \text{Fe}$	420
13.	Среднее суточное потребление воды	$V_{\text{Ср}}$	$\text{м}^3$	Практика эксплуатации	10
14.	Доза перманганата калия на регенерацию MGS	$Q_c$	г/л MGS	-	3-4
15.	Доза перманганата калия на одну регенерацию фильтра	$Q_{\text{сф}}$	г	$Q_{\text{сф}}= V_k \cdot 3,5$	590-600
16.	Периодичность процесса регенерации, сут	n	-	$n= V_{\text{Fe}}/ V_{\text{Ср}}$	42
17.	Фактическая периодичность процесса регенерации (согласно рекомендаций завода-изготовителя)	$n_{\text{ф}}$	-		1 раз в неделю

18.	Число регенераций в месяц	$n_M$	-	$n_M=30/n_\phi$	4,3
19.	Число регенераций в год	$n_{год}$	-	$n_\Gamma=360/n_\phi$	52,9
20.	Месячный расход перманганата калия на регенерацию с учетом среднего водопотребления из практики	$Q_{тс\cdot м}$	Г	$Q_{тс\cdot м}=n_M\cdot 600$	2580
21.	- то же, в год	$Q_{тс\cdot год}$	Г	$Q_{тс\cdot год}=n_{год}\cdot 600$	31740
22.	25% складских запасов	$Q_{тс\cdot ск}$	Г	$Q_{тс\cdot ск}=Q_{тс\cdot год}\cdot 0,25$	7935
23.	Общегодовой расход перманганата калия	$Q_{общ\cdot год}$	Г	$Q_{общ\cdot год}=Q_{тс\cdot год}+Q_{тс\cdot ск}$	39675

### Описание работы фильтра

- Режим ФИЛЬТРАЦИЯ (CONDITIONED WATER).

Вода, очищенная от взвешенных частиц на осадочных фильтрах, поступает в фильтра обезжелезивания, проходит через фильтрующую среду, при этом осаждавая растворенные соединения железа, марганца, сероводорода и, поднимаясь по водоподъемной трубке, выходит из фильтра обезжелезивания.

- Режим ОБРАТНАЯ ПРОМЫВКА (BACKWASH).

Когда электронный таймер управляющего клапана переведет колесо до дна регенерации, включается редуктор, вращающий программный вал с постоянной скоростью. В положении BACKWASH происходит переключение клапанов и меняется направление движения воды: вода из входного штуцера направляется в водоподъемную трубку, взрыхляя марганцевый цеолит, вымывает задержанные им примеси в канализацию. Продолжительность цикла обратной промывки - 20 минут.

- Режим ЗАСАЛИВАНИЕ И МЕДЛЕННАЯ ПРОМЫВКА (BRINE&RINSE).

Из реагентного бака засасывается насыщенный раствор марганцовки, смешивается с водой и проходя через фильтрующую загрузку восстанавливает химическую активность марганцевого цеолита. Продолжительность цикла - 60 минут.

- Режим ОТМЫВКА фильтрующей загрузки.

После того, как в реакгентном баке закончится раствор перманганата калия, поток воды промывает марганцевый цеолит от остатков марганцовки. Расход раствора марганцовки регулируется высотой поплавок солевого клапана и зависит от сечения реакгентного бака. Продолжительность цикла-15 минут.

- Режим НАПОЛНЕНИЕ МАРГАНЦОВОЧНОГО БАКА.

Режим наполнения марганцовочного бака - завершающая стадия процесса регенерации фильтров обезжелезивания. Продолжительность цикла- 10 минут.

После завершения процесса регенерации установка умягчения автоматически включается в работу, либо находится в режиме ожидания.

Основные требования к качеству исходной воде:

- взвешенные вещества не более 5 мг/л;
- марганец не более 7,0 мг/л;
- водородный показатель Рн - 6,5;
- цветность не более 30 град;
- сероводород и сульфиты не более 5,0 мг/л;
- свободный активный хлор не более 1 мг/л;
- окисляемость перманганатная не более 5,0 мг O<sub>2</sub>/л;
- нефтепродукты - отсутствие;
- железо общее - до 15 мг/л;
- температура - 5-35°С;

Основные условия применения фильтра:

- минимальное давление воды 2,5 атм;
- максимальное давление воды 6,0 атм;
- помещение должно быть оборудовано дренажной магистралью;
- температура воздуха в помещении -5 - 35 °С;
- влажность не более 70%;
- напряжение электрической цепи - 220 В, 50 Гц, сила тока до 3 А.

Механический фильтр с обратной промывкой типа Avanti RF предназначен для фильтрации питьевой и хозяйственной воды. Он защищает трубопроводы и присоединенные к ним системы от функциональных нарушений и коррозии, вызываемых наличием в воде посторонних частиц, таких как ржавчина, пенка, опилки, песок и т.д. с макс. Ш 2мм.

Механический фильтр с обратной промывкой типа Avanti RF включает:

- Защитный корпус;
- Вращающийся колпачок;
- Штифт;
- Прозрачный цилиндр;
- Фильтрующий элемент;
- Кольцо с датой;
- Подсоединение для слива (для муфтового соединения или насадки для шланга);
- Предохранительный запорный кран;
- Декоративное кольцо;
- Необходимая принадлежность: соединительный модуль/  
соединительный элемент.

#### Технические характеристики механического фильтра

Таблица №13

Фильтр с обратной промывкой Avanti RF Тип	¾"	1"	1¼"	1½"	2"
Номинальный размер подсоединения, DN	20	25	32	40	50
Производительность при D <sub>p</sub> =0,2бар(без редуктора), м <sup>3</sup> /ч	3,5	4,5	5	9	11
Давление на выходе после редуктора, бар	2-6				
Мин/макс размер ячеек, см	90/110				
Номинальное давление (PM), бар	16				
Рабочее давление мин/макс, бар	2/16				
Температура воды/окружающей среды, макс, °С	30/40				
Тип подсоединения	С помощью гидромодуля		С помощью фланцев		
Общая высота, А, мм	460				
Мин. расстояние от середины трубы до пола, В, мм	670				

Описание работы фильтра.

Неочищенная вода входит через входное отверстие в фильтре, проходит через фильтрующий элемент и выходит через выходное отверстие для очищенной воды. При фильтрации на внутренней поверхности фильтровальной ткани остаются частицы размером  $> 90 \mu\text{м}$ . В зависимости от веса и размера, эти частицы оседают в нижней части фильтрующего элемента или остаются на фильтровальной ткани. Фильтрующий элемент следует регулярно очищать с помощью обратной промывки.

Обратная промывка производится в ручную и работает по принципу отсасывания.

Процесс фильтрации продолжается без прерывания и во время обратной промывки, т.к. 90% фильтрующей поверхности постоянно работает на фильтрацию (непрерывная фильтрация).

Обратную промывку следует проводить, если из-за возрастающего загрязнения фильтрующего элемента падает давление воды, но самое позднее: 1 раз в 2 месяца.

Согласно инструкции завода-изготовителя рекомендуется проводить обратную промывку 1 раз в месяц, чтобы предотвратить закупорку фильтровальной ткани (а при сильном загрязнении чаще).

Последовательность обратной промывки:

- Повернуть штифт.
- Повернуть вращающийся колпачок против часовой стрелки припл. на 3-4 оборота.
- И сразу же закрутить его назад до упора. При сильном загрязнении эти шаги можно повторить.

Пластмассовые части можно чистить только влажной мягкой салфеткой; нельзя использовать растворители, кислые моющие средства или чистящие средства.

Установка умягчения типа HFS-1865-278/942 RS предназначена для умягчения технической воды с целью защиты поверхностей нагрева от отложений извести.

В качестве фильтрующей загрузки используется Na-катионообменная смола (Dowes HSR-S/S), которая удаляет соли жесткости (кальций, магний). Смола регенерируется раствором поваренной соли в автоматическом режиме по программе установленной при пуско-наладке.

Установка умягчения воды непрерывного действия состоит из шести основных элементов - двух напорных баллонов, двух автоматических клапанов, один из которых ведущий, другой - ведомый и двух реагентных баков.

Состав фильтра умягчения:

- Корпус фильтра VAS 1865 - коррозиестойкий, высокопрочный пластик, армированный стекловолокном - 2 шт.;

- Автоматический управляющий клапан Autorol 278/964 RS (один ведущий, другой ведомый) - с контроллером программирования режимов работы - 2 шт.;

- Фильтрующий материал - Na-катионообменная смола Dowes HSR-S/S в объеме 150 л в каждом напорном баллоне (общее количество загрузки - 300л);

- Реагентный бак для приготовления и хранения солевого раствора - 2 шт. В солевом баке расположен колодец: пластиковая труба («солевая шахта»), внутри которой смонтирована засасывающая система, включающая поплавковый запирающий клапан и шариковый отсечной клапан. С помощью гибкой трубки засасывающая система солевого бака соединяется с клапаным механизмом фильтра умягчения;

- Дренажно-распределительная система состоит из вертикальной трубки и верхнего и нижнего щелевых колпачков, которые предотвращают вынос фильтрующей загрузки из корпуса при работе фильтра умягчения - 2 шт.

При работе попеременной Twin системы, модуль, находящийся в резерве, автоматически промывается перед включением в работу. Функции системы клапанов прямого действия не зависят от давления воды.

Пяти-цикловое управление обеспечивает:

- нисходящий поток умягченной воды;
- восходящий поток обратной промывки;
- нисходящий поток солевого раствора и медленной промывки;
- нисходящий поток быстрой промывки перед включением в работу резервного модуля;
- пополнение солевого бака.

В попеременной Twin системе после регенерации баллон остается в резерве до тех пор, пока не потребуются его включение в линию. Диски клапанов остаются закрытыми под действием водного давления, вследствие чего исключается утечка. Седла клапанов находятся в вертикальном положении, которое является наименее уязвимым к загрязнению. Для обратной промывки используется умягченная вода. Это предотвращает перенос жесткости и загрязнение смолы механическими примесями.

Регенерация в ручном режиме может быть проведена в любом баллоне нажатием кнопки REGEN на передней стороне контроллера. Возможно проведение последовательных регенераций в ручном режиме, не ожидая, пока первый модуль закончит регенерацию.

Каждый модуль может работать в одиночку, удовлетворяя потребность в умягченной воде, если другой модуль выключен из системы - для технического обслуживания или ремонта. Это достигается с помощью байпасного клапана

Технические характеристики установки умягчения воды HFS-1865-278/942 RS (таблица 14)

Таблица №14

№	Наименование	Обознач	Ед. изм.	Формула расчета	Значение
1.	Натрий-катионитовый фильтр	A	шт.	-	2
2.	- диаметр	D	мм	-	450,0
3.	- высота	H	мм	-	1825,0
4.	- высота загрузки	H <sub>СД</sub>	мм	-	940,0
5.	- площадь фильтрования	f <sub>Na</sub>	м <sup>2</sup>	f <sub>Na</sub> =3.14·D <sup>2</sup> /4	0,160
6.	- объем катеонита	V <sub>k</sub>	м <sup>3</sup>	V <sub>k</sub> = f <sub>Na</sub> · H <sub>СД</sub>	0,150

7.	Жесткость исходной воды	Ж <sub>0</sub>	мг-экв/л	Анализ исходной воды Протокол	6,6
8.	Скорость фильтрования	$W_{Na}$	м/час	$W_{Na} = \frac{Q_{Na}}{V_{Na}}$	15,6
9.	Производительность фильтра	$Q_{Na}$	м <sup>3</sup> /ч	$Q_{Fe} = f_{Na} \cdot V_{Na}$	2,5
10.	Рабочая обменная емкость при удельном расходе соли 150г/л смолы	$E_p^{Na}$	г-экв/л	По данным завода изготовителя	1,9
11.	Рабочая обменная емкость в фильтре при удельном расходе соли 150 г/л смолы	$E_{pф}^{Na}$	г-экв	$E_{pф}^{Na} = E_p^{Na} \cdot V_k$	285
12.	Объем воды, который фильтр пропустит до истощения	$V_B$	м <sup>3</sup>	$V_B = E_{pф}^{Na} / Ж_0$	43,2
13.	Средне суточное потребление умягченной воды	$V_{cp}$	м <sup>3</sup>	Практика эксплуатации	10
14.	Расход технической поваренной соли на одну регенерацию	$Q_{тс}$	кг	$Q_{тс} = V_k \cdot 0,15$	22,5

#### Продолжение таблицы №14

№	Наименование	Обознач	Ед. изм.	Формула расчета	Значение
15.	Периодичность процесса регенерации, сут	n	-	-	0,25 (1 раз в 4 дня)
16.	Суточный расход соли на регенерацию с учетом среднего водопотребления из практики	$Q_{тс.сут}$	кг	$Q_{тс.сут} = n \cdot 22,5$	5,625
17.	- то же, в месяц	$Q_{тс.м}$	кг	$Q_{тс.м} = Q_{тс.сут} \cdot 30$	168,75
18.	- то же, в год	$Q_{тс.год}$	кг	$Q_{тс.год} = Q_{тс.сут} \cdot 361$	2030,625
19.	25% складских запасов	$Q_{тс.ск}$	кг	$Q_{тс.ск} = Q_{тс.год} \cdot 0,25$	507,656
20.	Общегодовой расход соли	$Q_{общ.год}$	кг	$Q_{общ.год} = Q_{тс.год} + Q_{тс.ск}$	2 538,3

#### Описание работы установки умягчения

- Режим ФИЛЬТРАЦИЯ (CONDITIONED WATER).

Вода, очищенная от взвешенных частиц, соединений железа и марганца, поступает на установку умягчения, проходит через фильтрующую загрузку, при этом происходит умягчение воды. Умягчение воды происходит за счет ионообменной реакции, т.е. ионы кальция и магния содержащиеся в исходной воде улавливаются смолой, обменивая их на эквивалентное количество катионов натрия. Умягченная вода поднимается по водоподъемной трубке и выходит из фильтра умягчения.

- Режим ОБРАТНАЯ ПРОМЫВКА (BACKWASH).

Когда электронный таймер управляющего клапана переведет колесо до дня регенерации, включается редуктор, вращающий программный вал с

постоянной скоростью. В положении BACKWASH происходит переключение клапанов и меняется направление движения воды: вода из входного штуцера направляется в водоподъемную трубку, взрыхляя На-катионнообменную смолу. Продолжительность цикла обратной промывки - 20 минут.

-Режим ЗАСАЛИВАНИЕ И МЕДЛЕННАЯ ПРОМЫВКА (BRINE&RINSE).

Из реагентного бака засасывается насыщенный раствор соли, смешивается с водой и, проходя через фильтрующую загрузку, восстанавливает активность смолы (происходит процесс ионного обмена ионов кальция и магния, задержанных смолой в процессе умягчения, на ионы натрия, которые содержатся в регенерационном растворе). Продолжительность цикла - 50 минут.

- Режим ОТМЫВКА фильтрующей загрузки.

После того, как в реагентном баке закончится раствор соли, поток воды промывает катионнообменную смолу от продуктов регенерации. Продолжительность цикла -15 минут.

- Режим НАПОЛНЕНИЕ СОЛЕВОГО БАКА.

Режим, наполнения солевого бака - завершающая стадия процесса регенерации фильтров умягчения. Продолжительность цикла - 15 минут.

После завершения процесса регенерации установка умягчения автоматически включается в работу, либо находится в режиме ожидания.

Предложенный проектом метод обработки воды позволил получить качество питательной воды, удовлетворяющей требованиям РД 24.031.120-91 «Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация вводно-химического режима и химического контроля».

Предложенное оборудование (осадочные фильтры HFM-2162-MG,FL,942,NHB, фильтры обезжелезивания HFI 2162-MG,FA,962NHB и установка умягчения HFS-1865-278/964 RS) работает с заданной производительностью и обеспечивает необходимым количеством и качеством подпиточной воды для бесперебойной работы котлового и сетевого контура котельной.

## 6 ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

В качестве основного вида топлива по системе газопроводов подается природный газ по ГОСТу 5542-87 с теплотворной способностью 35,49 МДж/м<sup>3</sup> и плотностью 0,743 кг/м<sup>3</sup> при температуре 20°С и давлении не менее 0,10132 МПа.

Врезка газопровода осуществляется стальной трубой Ø108×4 в надземный участок стального газопровода Ø159×4,5 на вводе в котельную после отключающего устройства.

Давление в точке врезки 0,48 МПа.

### 6.1 Гидравлический расчет газопровода

Диаметры проектируемых газопроводов высокого и среднего давления определяем гидравлическим расчетом.

Гидравлический расчет газопроводов высокого и среднего давления производим по номограммам при максимальных расходах топлива.

Расход топлива определяем по формуле:

$$B = \frac{Q}{Q_p^H \cdot \eta}, \text{ нм}^3/\text{час}, \text{ где}$$

$Q$  – теплопроизводительность установки, ккал/час;

$Q_p^H$  – низшая теплотворная способность топлива,  $Q_p^H = 8470$  ккал/нм<sup>3</sup>;

$\eta$  – КПД котла,  $\eta = 0,92$  (паспортные данные)

для котла «Турботерм» - 5000:

$$B_{1,2} = \frac{9300000}{8470 \cdot 0,92} = 550 \text{ т.нм}^3 / \text{час}$$

для котла «Турботерм» - 2000:

$$B_3 = \frac{1720000}{8470 \cdot 0,92} = 225 \text{ т.нм}^3 / \text{час}$$

Максимальный часовой расход топлива по котельной:

$$B = 1325 \text{ нм}^3/\text{час}.$$

Диаметры проектируемых газопроводов высокого и среднего давления определяем по пропускной способности исходя из условий обеспечения нормального и экономичного газоснабжения котельной при максимально-допустимых перепадах давления.

Чертим расчетную схему с нанесением расходов, диаметров, длин участков (приложение Е).

Потери давления складываются из линейных потерь и потерь местных сопротивлений. Потери давления в счетчиках, фильтре, арматуре берем по паспортным данным, линейных – по номограммам.

Газопровод высокого давления:

- давление на вводе 0,48 МПа;
- потери: в фильтре 0,01 МПа;
  - в счетчике 0,0004 МПа;
  - в проходном клапане 0,0001 МПа;
  - в электромагнитном клапане 0,0002 МПа;
- линейные 0,04993 МПа
- итого:  $\Delta P' = 0,06$  МПа
- давление на входе в ГРПШ 0,42 МПа.

Газопровод среднего давления:

- давление на выходе из ГРПШ  $P_1 = 0,0525$  МПа;
- потери: в коллекторе 0,0125 МПа;
  - в счетчике 0,001 МПа;
  - линейные 0,0099 МПа
- итого:  $\Delta P = 0,0225$  МПа

давление перед горелкой 0,03 МПа.

## 6.2 Учет расхода газа

Для общего учета расхода газа принят ротационный счетчик RVG-G250 (исп. 1:50) фирмы «Газ-электроника» с диаметром входного и выходного отверстия Ду100. Счетчик установлен на высоком давлении.

Давление газа на входе –  $P_{ВХ} = 0,469$  МПа Максимальный расход газа 1345,0 м<sup>3</sup>/ч.

Для поагрегатного учета расхода газа для котлов Турботерм-5000 приняты турбинные счетчики СГ-16М-400 фирмы «Elster» с диаметром входного и выходного отверстия Ду100. Счетчики установлены на среднем давлении. Давление газа на входе –  $P_{ВХ} = 0,040$  МПа.

Максимальный расход газа на котел Турботерм – 5000 - 550,0 м<sup>3</sup>/ч. Для котла Турботерм – 2000 принят турбинный счетчик СГ-16М-200 фирмы «Elster» с диаметром входного и выходного отверстия Ду80.

Счетчик установлен на среднем давлении. Давление газа на входе –  $P_{ВХ} = 0,039$  МПа. Максимальный расход газа на котел Турботерм – 2000 - 225,0 м<sup>3</sup>/ч.

### **6.3 Газорегуляторная установка**

Газорегуляторная установка оборудована термозапорным и электромагнитным клапанами, установленными на вводе в котельную; газовым фильтром, установленным перед пунктом учета общего расхода газа; шкафной газорегуляторной установкой типа «ГРП-2» с одной линией редуцирования с регулятором РДБК1-50Н завода "Газпромаш" для понижения давления с высокого (II категории)  $P = 0,4685$  МПа на среднее (III категории)  $P = 0,042$  МПа.

Шкафная Газорегуляторная установка типа «ГРП-2» предназначена для редуцирования высокого давления газа до низкого и поддержания его на заданном уровне независимо от изменений расхода и входного давления.

Шкафная Газорегуляторная установка поступает с завода-изготовителя полностью укомплектованная оборудованием, арматурой, приборами и смонтированный по определенной схеме, т.е. изделие полной заводской готовности, испытанное на прочность, плотность и работоспособность в условиях завода – изготовителя.

Пропускная способность шкафной газорегуляторной установки при максимальных и минимальных давлениях перед ним и процент его загрузки с работой одного регулятора представлена в таблице №15.

Таблица №15.

Давление газа на входе, МПа	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	Процент загрузки
$P_{\max} = 0,6$	3178	42
$P_{\text{раб}} = 0,4685$	2588	52
$P_{\min} = 0,3$	1816	74

Для безаварийной работы газовых сетей в шкафной газорегуляторной установке предусмотрено:

- автоматическое прекращение подачи газа при понижении выходного давления до 0.0100 МПа и повышении выходного давления до 0.0525 МПа;
- сброс газа при повышении давления до 0.0483 МПа;
- арматура и другие приборы, необходимые для нормальной и безаварийной эксплуатации шкафной установки.

Размещение шкафной газорегуляторной установки предусмотрено в помещении котельной на опоре.

Продувочный и сбросной трубопроводы из «ГРП-2» вывести выше карниза крыши не менее чем на 1 м и заземлить.

#### **6.4 Газооборудование**

Подача газа к газовым котлам осуществляется по газопроводам среднего давления III категории с давлением  $P = 0,030$  МПа. Газ используется для отопления. Для этой цели установлены газовые горелки фирмы «WEISHAUPТ» в напольные отопительные котлы Турботерм-5000 и Турботерм-2000, тепловой мощностью 5000 и 2000 кВт соответственно. В

котлы Турботерм-5000 установлены горелки G60/2-A (газовая) и RGL 60/2-A (комбинированная). В котел Турботерм-2000 установлена горелка G8/1-D (газовая). КПД горелок не менее 92%.

Каждый аппарат оснащен автоматикой регулирования и безопасности.

Горелки отвечают требованиям безопасности работы, простоты монтажа и надежности эксплуатации. Горелки работают экономично и экологически чисто. Горелки испытаны на конструктивных образцах согласно нормам ЕС. Горелки сертифицированы в России и имеют разрешение Госгортехнадзора на территории РФ и соответствуют ГОСТ 21204-97 "Горелки газовые промышленные".

Газопроводы среднего давления к котлам прокладываются на отдельно стоящих опорах.

После последнего отключающего устройства перед горелочным блоком проектом предусмотрена установка поворотной заглушки. Перед последним отключающим устройством, установленных у газовых котлов проектом предусмотрена установка продувочных свечей. Свечи должны быть выведены выше карниза крыши не менее чем на 1,0 м и заземлены.

На вводе в помещение котельной проектом предусмотрена установка термозапорного клапана КТЗ и электромагнитного клапана КЗГЭ.

Газопровод и отключающие устройства выполняются из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10705-80\* (группа В) "Технические условия" и ГОСТ 10704-91 "Сортамент", марка стали 10 по ГОСТ 1050-88\*. Прочностные и расчетные характеристики стальных труб соответствуют заданным параметрам.

Удаление продуктов сгорания от котлов производится через газоходы и дымовую трубу. Газоходы оборудованы взрывными клапанами. На дымоходах от котлов штуцеры для подключения приборов контроля состава и температуры дымовых газов.

## 6.5. Расчет дымовой трубы

Расчет производится из расчета работы 3-х котлов в наиболее холодный период и работе одного котла в начальный отопительный период, т.к. котельная работает сезонно.

Максимальный часовой расход газа:

$$B = \frac{Q}{Q_p^H \cdot \eta}, \text{ нм}^3/\text{час}, \text{ где}$$

$Q$  – теплопроизводительность установок,  $Q = 10318$  ккал/час;

$Q_p^H$  – низшая теплотворная способность топлива,  $Q_p^H = 8470$  ккал/нм<sup>3</sup>;

$\eta$  – КПД котлов,  $\eta = 0,92$  (паспортные данные)

$$B = \frac{10318000}{8470 \cdot 0,92} = 1325 \text{ т.нм}^3 / \text{час}$$

Максимальный часовой расход топлива по котельной:

$$B = 1325 \text{ нм}^3/\text{час}.$$

Необходимая величина тяги в дымоходе:

$$h = \left( \frac{\gamma_{\text{воз}}}{1 + \frac{T_{\text{воз}}}{T}} - \frac{\gamma_{\text{ух}}^{\text{cp}}}{1 + \frac{T_{\text{ух}}^{\text{cp}}}{T}} \right) \cdot \frac{b}{760} \text{ мм вод.ст.}, \text{ где}$$

$\gamma_{\text{воз}}$  - плотность наружного воздуха при заданной температуре кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{ух}}^{\text{cp}}$  - плотность уходящих газов при средней температуре газов кг/м<sup>3</sup>;

$T_{\text{воз}}$  - абсолютная температура воздуха, К;

$T_{\text{ух}}^{\text{cp}}$  - абсолютная температура уходящих газов, К.

$\gamma_{\text{воз}}$  при  $-40^\circ\text{C}$  – 1,5115 кг/м<sup>3</sup> (зима)

при  $+20^\circ\text{C}$  – 1,205 кг/м<sup>3</sup> (лето)

Средняя температура уходящих газов определяется из расчета падения температуры на 1°С на 1-м метре трубы.

$$t_{\text{ух}}^{\text{cp}} = \frac{170 + 148}{2} = 158^\circ\text{C}$$

$\gamma_{yx}^{cp}$  при  $t_{yx}^{cp}=158^{\circ}\text{C} = 0,833 \text{ кг/м}^3$ .

$$h_{зим} = \left( \frac{1,515}{1 + \frac{233}{273}} - \frac{0,833}{1 + \frac{431}{273}} \right) = 0,53 \text{ мм вод.ст.} = 5,3 \text{ Па}$$

$$h_{лето} = \left( \frac{1,205}{1 + \frac{233}{273}} - \frac{0,833}{1 + \frac{431}{273}} \right) = 0,333 \text{ мм вод.ст.} = 3,33 \text{ Па}$$

При принятой высоте трубы 24 м (из экологических соображений) величина тяги составит:

$$h = H \cdot \left( \gamma_{воз} - \gamma_{yx}^{cp} \right) - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} \cdot \gamma_0 \cdot \left( 1 + \beta \cdot t_{cp} \right) - \mu \cdot \frac{w_{cp}^2}{2g} \cdot \gamma_0 \cdot \left( 1 + \beta \cdot t_{cp} \right) \cdot \frac{H}{d_{cp}}, \text{ где}$$

$\gamma_{воз}$  -объемный вес воздуха при заданной температуре и атмосферном давлении 760 мм рт.ст. (лето),  $\gamma_{воз} = 1,205 \text{ кг/м}^3$ ;

$\gamma_{yx}^{cp}$  -объемный вес уходящих газов при средней температуре в трубе и атмосферном давлении 760 мм рт.ст.,  $\gamma_{yx}^{cp} = 0,833 \text{ кг/м}^3$ ;

$\gamma_0$  -объемный вес уходящих газов при  $0^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении 760 мм рт.ст.,  $\gamma_0 = 1,295 \text{ кг/м}^3$ ;

$(w_2^2 - w_1^2)$  - разность квадратов скоростей движения газов в устье и основание трубы,  $\text{м/сек}^2$ ;

$w_{cp}^2$  - квадрат средней скорости дымовых газов,  $\text{м/сек}^2$ ;

$t_{cp}$  - средняя температура уходящих газов,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\mu$  - коэффициент трения, принимаем  $\mu = 0,05$ ;

$\beta = \frac{1}{273}$  - коэффициент объемного температурного расширения газов

Скорость газов определим по формуле:

$$w = \frac{B \cdot \left(1 + \frac{t_{yx}}{T}\right) \cdot V_2}{3600}, \text{ м / сек, где}$$

$B$  - расход топлива, м<sup>3</sup>/час;

$V_2$  - объем уходящих газов

Расчет объемов дымовых газов

Теоретический объем воздуха

$$V_0 = 0,0889 \cdot (C_p + 0,375 \cdot S_p) + 0,265 \cdot N_p - 0,333 \cdot O_p, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Теоретический объем азота

$$V_{аз} = 0,79 \cdot V_0 + 0,8 \cdot N_p / 100, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Теоретический объем трехатомных газов

$$V_{тр} = 1,866 \cdot (C_p + 0,375 \cdot S_p) / 100, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Теоретический объем водяных паров

$$V_{0вп} = 0,111 \cdot N_p + 0,0124 \cdot W_p + 0,0161 \cdot V_0, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Объем водяных паров при избытке воздуха  $A_{yx}$

$$V_{вп} = V_{0вп} + 0,0161 \cdot (A_{yx} - 1) \cdot V_0, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Объем газов при избытке воздуха  $A_{yx}$

$$V_{г} = V_{тр} + V_{аз} + V_{вп} + (A_{yx} - 1) \cdot V_0, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

Объем сухих газов при избытке воздуха  $A_{yx}$

$$V_{с.г.1,1} = V_{тр} + V_{аз} + (A_{yx} - 1) \cdot V_0, \text{ нм}^3 / \text{кг}$$

$$V_2 = 11465 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ газа.}$$

Тогда

$$\text{Зима } W_1 = \frac{1,325 \cdot 11,465 \cdot \left(1 + \frac{170}{273}\right)}{3,6} = 6,87 \text{ м / сек}$$

$$W_2 = \frac{1,325 \cdot 11,465 \cdot \left(1 + \frac{148}{273}\right)}{3,6} = 6,14 \text{ м / сек}$$

$$W_{cp} = \frac{6,87 + 6,14}{2} = 6,5 \text{ м / сек}$$

Лето  $W_1 = 1,14 \text{ м/сек};$

$$W_2 = 1,02 \text{ м/сек};$$

$$W_{cp} = 1,08 \text{ м/сек.}$$

$$h_{зума} = 24 \cdot (1,515 - 0,833) - \frac{6,14^2 - 6,87^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,295 \cdot \left(1 + \frac{158}{273}\right) -$$
$$- 0,05 \cdot \frac{6,5^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,295 \cdot \left(1 + \frac{158}{273}\right) \cdot 24 = 13,575 \text{ мм вод.ст} = 135,75 \text{ Па}$$

$$h_{лето} = 24 \cdot (1,205 - 0,833) - \frac{1,02^2 - 1,14^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,295 \cdot \left(1 + \frac{158}{273}\right) -$$
$$- 0,05 \cdot \frac{1,08^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,295 \cdot \left(1 + \frac{158}{273}\right) \cdot 24 = 8,812 \text{ мм вод.ст} = 88,12 \text{ Па}$$

## 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Краткое описание технологического оборудования приводится в разделе «4 Расчет тепловой схемы котельной и выбор оборудования» пояснительной записки.

Проект автоматизации выполнен в соответствии с действующими нормами и правилами.

Настоящий проект выполнен для котлов «Турботерм-5000» и «Турботерм-2000» оборудованных горелками «Weishaupt» RGL60/2-A, G60/2-A и G8/1-0 (Германия).

Процесс сжигания топлива осуществляется без постоянного присутствия обслуживающего персонала в автоматическом режиме.

В автоматическом режиме горелка с комплектом автоматики обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматический розжиг;
- автоматическое отключение при возникновении аварийных ситуаций;
- автоматическое регулирование теплопроизводительности.

Горелка обеспечивает также следующие операции:

- большой диапазон мощности и области применения;
- автоматический процесс работы;
- предварительная продувка топочной камеры;
- надежный контроль пламени;
- стабильная характеристика вентилятора - хорошие условия сгорания;
- регулирование воздуха со стороны нагнетания;
- автоматическая блокировка подачи топлива при остановке горелки.

Комплект автоматики безопасности котла и горелки выполняют защиты, срабатывание которых приводит к отключению горелки и прекращению подачи топлива к котлу при наличии следующих аварийных условий:

- понижении давления воздуха ниже допустимого;
- повышении давления в топке выше допустимого (для котлов,

работающих под давлением);

- погасании пламени в топке котла;
- отклонении давления воды на выходе из котла от допустимого значения;
- повышении температуры воды на выходе из котла выше допустимой;
- неисправности системы автоматики безопасности;
- отключении электроэнергии.

Реле минимального и максимального давления воды от котла, реле максимального давления в топке входят в комплект щита Щ-К2/3. Так же на щите Щ-К2/3 установлены:

1. измеритель-регулятор двухканальный - 2ТРМ-1.Щ1.ТС для измерения температуры уходящих газов и воды на входе в котел, аварийный останов котла при превышении температуры воды в котле выше допустимого предела.

2. измеритель-регулятор 2ТРМ-1.Щ1.ТС для измерения и регулирования температуры воды от котла.

При отклонении одного из параметров от нормы аварийная сигнализация выдает световой и звуковой сигнал с запоминанием причины на щите Щ-К2/3, а так же звуковой сигнал к дежурному.

Контроль за состоянием общекотельных параметров осуществляется щитом ШУ-1:

- авария котла;
- противопожарная безопасность;
- содержание СО и СН<sub>4</sub> в помещении котельной.

Осуществляется автоматическое, с возможностью перехода на ручное управление, регулирование температуры воздуха в котельной в зависимости от температуры наружного воздуха.

### **7.1 Теплотехнический контроль**

Теплотехнический контроль выполнен в объеме, необходимом для наблюдения за технологическим процессом котлоагрегатов.

Для учета тепла, измерения и регулирования температуры, давления, расхода воды в проекте приняты:

- расходомеры электромагнитные ПРЭМ2-20, ПРЭМ2-150, ПРЭМ3-80, ПРЭМ3-100;
- манометры МПЗ У-160;
- термометры технические,
- термометры сопротивления Pt 100
- термометры сопротивления ТПТ-15-2, ТМТ-15-2;
- тепловычислители СПТ941, СПТ961;
- измерители-регуляторы 2ТРМ-1, ТРМ-32.
- электроприводы «ESBE» для трехходовых клапанов.

Для передачи sms-сообщений об аварийных ситуациях по gsm-каналу принят контроллер «МИРАЖ-GSM-C4/Q2400»

## **7.2 Автоматическое регулирование**

В котельной предусматриваются системы автоматического регулирования температуры воды на выходе котлоагрегатов. В схемах автоматического регулирования в качестве аварийной защиты применены микропроцессорные измерители-регуляторы 2ТРМ-1. В качестве регулятора температуры сетевой воды применен измеритель-регулятор ТРМ32. Датчиками являются термометры сопротивления ТСМ-50М, установленные на технологическом оборудовании согласно требованиям проекта. Горелки типа RGL60/2-А и G60/2-А оснащены автоматикой безопасности и управления «Weishaupt». Регулятор нагрузки котла в зависимости от текущей температуры (и уставки) воздействует на привод воздушной заслонки горелки и газовый дроссель посредством сервопривода, меняя, тем самым, расход воздуха и таза в определенном соотношении.

Контроллер температуры теплосети ТРМ-32 управляет работой электропривода трехходового клапана, осуществляя регулирование температуры в соответствии с температурой наружного воздуха и соответствующей уставкой (по температурному графику).

### 7.3 Автоматика безопасности и сигнализации

При работе котлоагрегатов в соответствии с СНиП П-37-76 проектом предусматривается автоматическое прекращение подачи топлива при наличии следующих аварийных условий: давление воздуха на горелке низкое;

- давление в топке высокое; погасании факела;
- температура воды на выходе котла аварийно высока;
- давление воды аварийно низкое;
- давление воды аварийно высокое;
- отключении электропитания;
- давление газа высокое;
- давление газа низкое.

В качестве сигнализаторов давления воздуха и напора в топке приняты тягонапоромеры ТНМП-52-М2-У3. Защита по повышению температуры на выходе котла осуществляется микропроцессорным измерителем-регулятором 2ТРМ-1.

В качестве датчиков понижения/повышения давления воды на выходе котла приняты электроконтактные манометры ДМ 2010.

Контроль погасания факела для горелок RGL 60/2-А и G 60/2-А, осуществляется УФ-датчиком пламени, расположенном на горелке, для G8/1 - ионизационным электродом. Проектом предусматривается автоматический розжиг котла.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

При разработке функциональной схемы автоматизации были поставлены и решены следующие задачи:

- изучена технологическая схема объекта автоматизации;

- составлен перечень контролируемых параметров технологического процесса;
- на технологической схеме объекта автоматизации определены местоположения точек отбора измерительной информации;
- определены предельные рабочие значения контролируемых параметров;
- выбрана структура измерительных каналов;
- выбраны методы и технические средства получения, преобразования, передачи, представления и регистрации измерительной информации.

Спецификация автоматики безопасности представлена в приложении Ж.

#### КАРТА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ КОТЛА НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Предельно допустимое значение	Время срабатывания защиты	Примечание
1	Давление воды «высокое»	кгс/см <sup>2</sup>	6,0	1 с	ДМ 2010
2	Давление воды «низкое»	кгс/см <sup>2</sup>	1,5	1с	ДМ 2010
3	Температура воды аварийно «высока»	°С	115	1с	2ТРМ-1
4	Давление в топке котла «высокое»	mbar	25	1с	DG-50
5	Давление воздуха перед горелкой «низкое»	mbar	10	1с	LGW 50A
6	Исчезновение пламени	-	Нет пламени	мгновенно	УФ - датчик пламени
7	Давление газа «высокое»	mbar	130	1 с	GW 50A
8	Давление газа «низкое»	mbar	5	1 с	GW 50A

#### КАРТА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ КОТЛА НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Предельно допустимое значение	Время срабатывания защиты	Примечание
1	Давление воды «высокое»	кгс/см <sup>2</sup>	6,0	1 с	ДМ2010

2	Давление воды «низкое»	кгс/см <sup>2</sup>	1,5	1 с	ДМ2010
3	Температура воды аварийно «высока»	°С	115	1 с	2ТРМ-1
4	Давление в топке котла «высокое»	mbar	25	1 с	DG-50
5	Давление воздуха перед горелкой «низкое»	mbar	10	1 с	LGW 50A
6	Исчезновение пламени	-	Нет пламени	мгновенно	УФ - датчик пламени
7	Давление топлива «высокое»	кгс/см <sup>2</sup>	30	1 с	SAUTER

## 10 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы был сделан:

- тепловой расчет новой котельной мощностью 12 МВт и тепловых сетей с выбором оборудования и компоновочными решениями.

Котлы, установленные в помещении, сертифицированы и соответствуют всем требованиям, обеспечивающим безопасность жизни, здоровья потребителя и, при условии выполнения всех требований к эксплуатации котла, обеспечивают предотвращение нанесения вреда имуществу потребителя.

Материал труб, арматура, соединительные детали выбраны с учетом давления, расчетной температуры наружного воздуха района строительства, грунтовых и природных условий.

Разработана схема теплоснабжения промплощадки, которая решает вопрос оптимального теплоснабжения наиболее удаленных от котельной зданий. При существующей схеме работа системы теплоснабжения характеризуется гидравлической, наиболее эффективным качественным регулированием системы. Предложенная схема позволяет наиболее эффективно производить послесезонные и послеремонтные опрессовки наружных тепловых сетей, так как значительно уменьшена протяженность системы.

Водоподготовительная установка обеспечит длительную эксплуатацию котлов без ухудшения условий теплообмена на поверхностях нагрева.

Для обеспечения безопасной эксплуатации, в соответствии с требованием п.7.2 СНиП 42-01-2002 «Газораспределительные системы», помещение, где установлены котлы «Турботерм», работающие в автоматическом режиме, оснащено системой контроля.

Для подачи газа среднего давления на котлы проектом предусмотрена установка шкафного газорегуляторного пункта типа ГРПШ-13-1 НУ 1 с двумя линиями редуцирования с регуляторами давления газа типа РДГ-50.

Для безаварийной работы газовых сетей в ГРПШ предусмотрено:

- автоматическое прекращение подачи газа при повышении и понижении выходного давления;

- сброса газа при кратковременном повышении давления, не влияющего на промышленную безопасность и нормальную работу газового оборудования потребителей;

- арматура и другие приборы, необходимые для нормальной и безаварийной эксплуатации шкафного газорегуляторного пункта.

Для обеспечения безопасной эксплуатации котельной конструкции здания защищены от разрушения наличием легкобрасываемого ограждения, роль которых выполняет остекление из расчета  $0.03 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ м}^3$  объема помещения.

Запроектированная вентиляция обеспечивает чистоту воздуха в помещениях, трехкратный воздухообмен, подачу воздуха на горение и соответствует требованиями СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция, кондиционирование».

Предусмотрено оснащение помещения котельной и помещения расходной емкости противопожарной сигнализацией с выводом звукового и светового сигнала на пост дежурного персонала. Сигнал о пожаре используется для закрытия клапана отсечки топлива в котельную. В помещении расходной емкости и котельного цеха запроектирована автоматическая установка порошкового пожаротушения.

Разработаны мероприятия по охране труда и технике безопасности, а также мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

В разделе технико-экономическое обоснование, произведен сравнительный анализ старой и новой котельной с точки зрения стоимостных и натуральных величин. Определены экономический эффект и срок окупаемости.

Предусмотрено:

- полная автоматизация процессов, максимально облегчающая труд обслуживающего персонала;

- двухконтурная схема котельной, обеспечивающая благоприятный гидравлический режим работы котлов и защиту оборудования от накипеобразования и коррозии;
- регулирование отпуска теплоты изменением температуры теплоносителя в сетях, что позволяет гибко регулировать потребление теплоты;
- применение современного, эффективного оборудования, что дает возможность существенно оптимизировать сложные технологические процессы, упростить технологию, монтаж и сервисное обслуживание.

## **10 CONCLUSION**

As a result of the done work has been made:

- Thermal calculation by new boiler power 12 MW<sub>T</sub> and thermal networks with a choice of the equipment and layout decisions.

The boilers installed in, are certificated and correspond to all requirements providing safety of a life, health of the consumer and, under condition of performance of all requirements to operation of a boiler, provide prevention of drawing of harm to property of the consumer.

The material of pipes, armature, connecting details are chosen in view of pressure, settlement temperature of external air of area of construction, soil and an environment.

The scheme of a heat supply prom of a platform which solves the problem an optimum heat supply of the buildings most removed from a boiler-house is developed. At the existing scheme work of system heat of consumption is characterized hydraulic, the most effective qualitative regulation of system. The offered scheme allows to make most effectively late and After repair about pressings external thermal networks as extent of system is considerably reduced.

Water-preparatory installation will provide long operation of boilers without deterioration of conditions of heat exchange on surfaces of heating.

For maintenance of safe operation, according to the requirement p.7.2 SNiP 42-01-2002 «Gas distributive systems», the premise where boilers «Turboterm» are installed, working in an automatic mode, is equipped by the monitoring system.

For submission of gas of average pressure upon boilers the project stipulates installation case gas a regulator item of type GRPH-13-1 WELL 1 with two lines transformations with regulators of pressure of gas of type RDG-50.

For trouble-free operation of gas networks in GRPH it is stipulated:

- An automatic stopping delivery of gas at increase and downturn of target pressure;
- Dump of gas at short-term increase of the pressure which are not influencing industrial safety and normal work of the gas equipment of consumers;
- Armature and other devices necessary for normal and accident-free operation case gas a regulator of item.

For maintenance of safe operation of a boiler design of a building are protected from destruction by presence easily dumped protections which role carries out it is glazed at the rate of  $0.03 \text{ m}^2$  on  $1 \text{ m}^3$  volume of a premise.

For projected ventilation provides cleanliness of air in premises, triple air exchange, submission of air on burning and there corresponds requirements SNiP 41-01-2003 « Heating, ventilation, air-conditioning ».

Equipment of a premise of a boiler-house and premise of account capacity by the fire-prevention signal system with a conclusion of a sound and light signal to a post of the on duty personnel is stipulated. The signal about a fire is used for closing the valve отсечки fuel in a boiler-house. In account capacity and boiler shop for projected automatic installation powder fire of suppression.

Actions on a labour safety and the safety precautions, and also actions under the prevention of extreme situations are developed.

In section technics-economic a substantiation, the comparative analysis of an old and new boiler-house from the point of view of cost and full sizes is made. Economic benefit and a time of recovery of outlay are certain.

It is stipulated:

- Full automation of processes, as much as possible

Facilitating work of the attendants;

- The two-planimetric scheme of a boiler-house providing favorable a hydraulic operating mode of boilers and protection of the equipment from scum of formation and corrosion;

- Regulation of holiday of heat by change of temperature

The heat-carrier in networks that allows to adjust consumption of heat flexibly;

- Application of the modern, effective equipment that enables essentially to optimize complex technological processes, to simplify technology, installation and service.