АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа направлена на разработку проекта отопительно-производственной котельной в городском округе Черноголовка по заданным нагрузкам на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Данная квалификационная работа состоит из:

1. Тепловая часть. Расчет тепловой схемы, выбор котлов;
2. Расчет и выбор вспомогательного оборудования тепловой схемы;
3. Расчет водоподготовительной установки ВПУ;
4. Специальная часть проекта: «Водоподготовка с использованием Н-катионирования с «голодной» регенерацией»

Целью работы является расчет необходимых для эксплуатации данного объекта ресурсов в виде сырой воды, для подпитки сетевых потерь; газообразного топлива, для использования в водогрейных котлах; химических реагентов, необходимых для обеспечения химической очистки воды.

По результатам расчетов произвести выбор основного и вспомогательного оборудования, включающего в себя: котлы, сетевые и подпиточные насосы, дымососы и вентиляторы, теплообменные аппараты, фильтры для химической очистки воды, а так же произвести расчет высоты дымовой трубы, для обеспечения экологической безопасности в данном районе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1 ТЕПЛОВАЯ ЧАСТЬ. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ

1.1. Описание принципиальной тепловой схемы котельной……

1.2. Исходные данные для расчета тепловой схемы……..

1.3. Расчет тепловой схемы.....

1.4. Выбор котлов……...……..

1.5 Техническая характеристика и описание конструкций котла…..

РАЗДЕЛ 2 РАСЧЕТ И ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ

2.1 Выбор и расчет теплообменников первой и второй ступени……

2.2 Выбор насосов, деаэраторов и характеристики баков……

2.3 Определение часового расхода топлива водогрейных котлов…...

2.4 Выбор схемы топливоснабжения водогрейных котлов…….....

2.5 Расчет и выбор оборудования газовоздушного тракта котлов…..

РАЗДЕЛ 3 РАСЧЕТ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ВПУ

3.1 Расчет водоподготовительного оборудования……....

3.2 Расчет ионообменного оборудования второй ступени……

3.3 Расчет ионообменного оборудования первой ступени……..…….

3.4 Расчет бака мерника, выбор баков для хранения кислоты……..

РАЗДЕЛ 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ВОДОПОДГОТОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Н-КАТИОНИРОВАНИЯ С «ГОЛОДНОЙ» РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

4.1 Описание процесса Н-катионирования с «голодной» регенерацией…….……..

4.2 Регенерация водород-катионитных фильтров……..

4.3 Эксплуатация буферных фильтров……..…..

ЗАКЛЮЧЕНИЕ……...…….....…….

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ …….....

ВВЕДЕНИЕ

В связи с развитием жилищной и социальной структуры населенных пунктов, ежегодно возрастает потребность в тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Поэтому остро стоит вопрос о строительстве новых тепловых станций. Данная выпускная квалификационная работа рассматривает возможность строительства отопительной котельной в городском округе Черноголовка с заданными нагрузками на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Так как производственная нагрузка не задана, то для расчета котельной выбираем тепловую схему с водогрейными котлами.

В качестве источника водоснабжения предлагается река Пруженка, характеризующаяся высокими значениями жесткости и щелочности. Для получения подпиточной и сетевой воды удовлетворяющей нормам качества выбрана схема Н-катионирования с голодной регенерацией.

Экологическая обстановка во многих городах страны остается напряженной из-за увеличения количества автомобильного транспорта. Поэтому наиболее предпочтительным источником топлива является природный газ, имеющий наиболее щадящий для атмосферы состав дымовых газов. В качестве топлива применяется природный газ.

Данная работа выполнена без учета экономических соображений строительства данного объекта и носит исключительно учебный характер, направленный на установление соответствия уровня профессиональной подготовки выпускников требованиям федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования.

РАЗДЕЛ 1 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ, ВЫБОР КОТЛОВ

1.1 Описание принципиальной тепловой схемы котельной.

Принципиальная тепловая схема отопительной котельной со стальными водогрейными котлами, работающей на закрытую систему теплоснабжения, показана на рисунке 1.1.

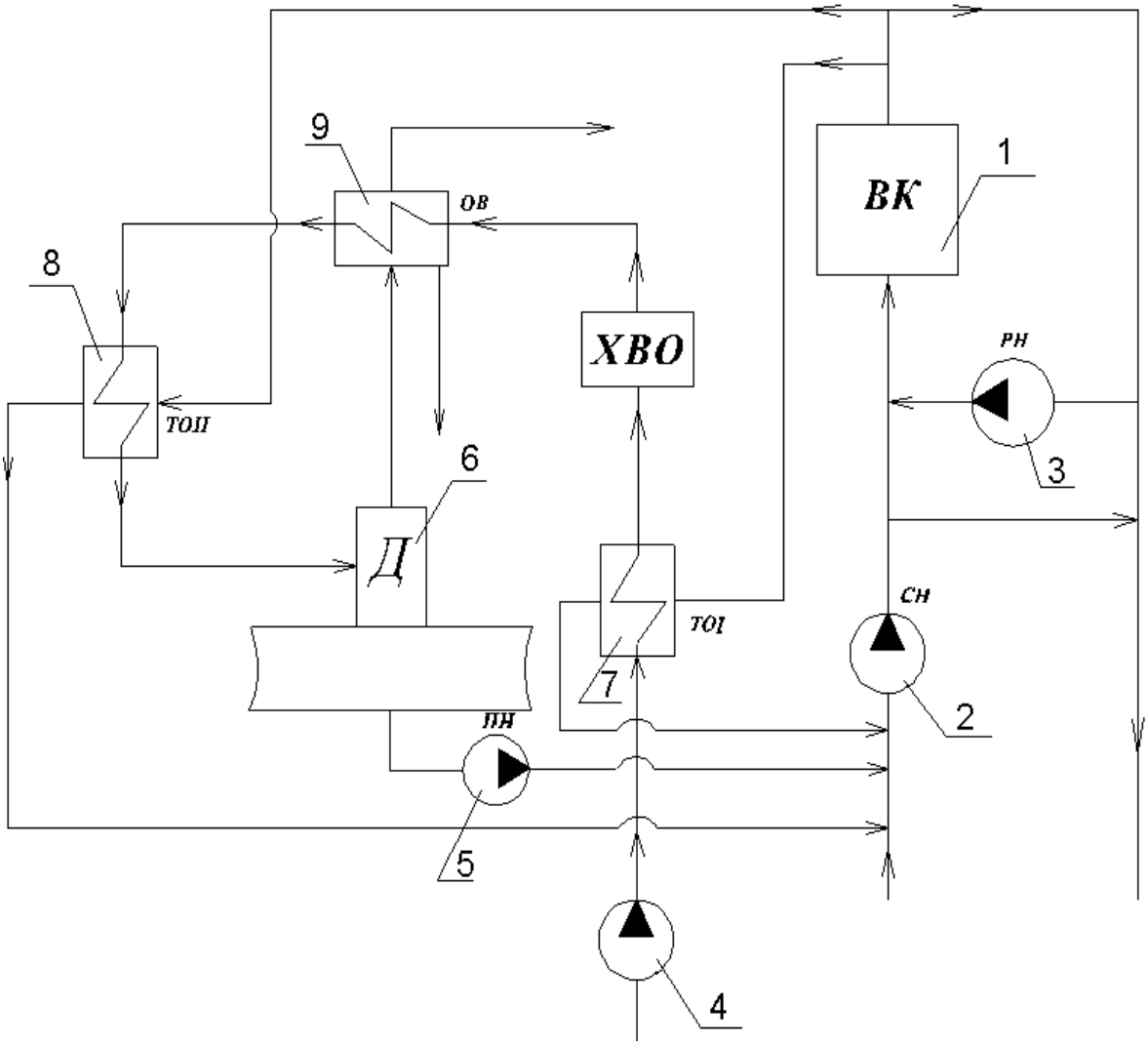


Рис. 1.1 Принципиальная схема котельной с водогрейными котлами.
1 – котел водогрейный; ***2*** – насос сетевой; ***3*** – насос циркуляционный;
4 – насос сырой воды; ***5*** – насос подпиточной воды; ***6*** – вакуумный деаэратор;
7 – подогреватель сырой воды; ***8*** – подогреватель ХОВ;
9 – охладитель выпара.

Вода из обратной линии тепловых сетей с небольшим напором (0,2 – 0,4 Мпа) поступает к сетевым насосам. Туда же подводится вода от подпиточных насосов, компенсирующая утечки воды в тепловых сетях. К насосам подается и горячая сетевая вода, теплота которой частично использована в теплообменниках для подогрева химически очищенной и сырой воды. Для обеспечения температуры воды перед котлами, заданной по условиям предупреждения коррозии, в трубопровод за сетевым насосом подают необходимое количество горячей воды, вышедшей из водогрейных котлов. Линию, по которой подают горячую воду, называют рециркуляционной. Вода подается рециркуляционным насосом, перекачивающим нагретую воду. При всех режимах работы тепловой сети, кроме максимально зимнего, часть воды из обратной линии после сетевых насосов, минуя котлы, подают по линии перепуска в подающую магистраль, где вода смешиваясь с горячей водой из котлов, обеспечивает заданную расчетную температуру в подающей магистрали тепловых сетей.

Для подпитки тепловой сети сырая вода насосами сырой воды прокачивается через подогреватель сырой воды и поступает на химводоочистку. Далее химически очищенная вода подогревается в теплообменнике и охладителе выпара, и поступает в вакуумный деаэратор.

1.2 Исходные данные для расчета тепловой схемы

Исходные данные для расчета выбранной тепловой схемы приведены в таблице1.1:

Таблица 1.1

Наименования, Обозначение, ед. измерения	Расчетная формула, обозначение	Значение величин при характерных режимах работы		
		Максимально зимний (м.з)	Наиболее холодного месяца (н.х)	летний (л)
1. Место расположение котельной	го. Черноголовка			
2.Максимальный тепловой поток на отопление $Q_о$, Мвт	$Q_о$	200	200	-
3.Максимальный тепловой поток на вентиляцию $Q_в$, Мвт	$Q_в$	120	120	-
4.Максимальный тепловой поток на ГВС $Q_{гвс}$, Мвт	$Q_{гвс}$	70	70	56
5. Температуры наружного воздуха, $t_н$, ^oC	(1), $t_н$	$t_н^{м.з}$= -26	$t_н^{н.х}$= -14	$t_н^{л}$= ≥8
6. Температура воздуха внутри помещений $t_{вн}$, ^oC	(2), $t_{вн}$	18	18	-
7.Температура сырой воды $t_{св,}$ ^oC	(3), $t_{св}$	5	5	15
8. Температура сырой воды перед ХВО, $t_{хво}$, ^oC	$t_{хво}$	20	20	20
9. Температура подпиточной воды, $t_{подп}$, ^oC	$t_{подп}$(3)	70	70	70
10. Коэффициент собственных нужд ХВО, $K_{хво}$	$K_{хво}$	1,25	1,25	1,25
11. Плотность	p	1	1	1

воды, р, т/м^3				
12. Удельный объём воды в тепловых сетях на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки, q, т/МВт	(3),q	65	65	65
13. Потери воды в ТС от объёма ТС, $К_{тс}$, %	(3), $К_{тс}$	0,75	0,75	0,75
14. Температура воды на выходе из водогрейных котлов $t_1^{вк}$, °С	$t_1^{вк}$,	150	150	120
15. Температура воды на входе в водогрейный котел $t_2^{вк}$, °С	$t_2^{вк}$	70	70	70
16. Температура в подающем и обратном трубопроводах местной системы $Т_1$ и $Т_2$, °С	$Т_1$ / $Т_2$(3)	95/70	95/70	95/70
17. КПД подогревателя, n	η	0,98	0,98	0,98

1.3 Расчет тепловой схемы

1.3.1 Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика

$$t_н^{изл} = t_{вн} - 0{,}354\,(t_{вн} - t_н^{мз}) = 18 - 0{,}354\,(18 - (-26) = 2{,}4\ ^oC$$

1.3.2 Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление и вентиляцию

$$K_{ов} = \frac{tвн - t\,н}{t\,вн - t_н^{мз}}$$

Для (м.з) $K_{ов} = \frac{18-(-26)}{18-(-26)} = 1$

Для (н.х) $K_{ов} = \frac{18-(-14)}{18-(-26)} = 0{,}73$

1.3.3 Температура ПСВ на выходе из котельной $t_п$, ^oC

$t_п^{мз} = t_1^{вк} = 150\ ^oC$

$t_п^{нх} = t_{вн}^{❑} + 62{,}5 * K_{ов}^{0,8} + 67{,}5 * K_{ов}^{❑} = 18 + 62{,}5 * 0{,}73^{0,8} + 67{,}5 * 0{,}73 = 115{,}86\ ^oC$

$t_п^{л} = 70\ ^oC$ (3)

1.3.4 Температура ОСВ, $t_о$, ^oC

$t_о^{мз} = 70\ ^oC$ (3)

$t_о^{нх} = t_п^{нх} - 80 * K_{ов} = 115{,}86 - 80 * 0{,}73 = 57{,}46\ ^oC$

$t_о^{л} = t_п^{л} - 80 * K_{ов} = 70 - 80 * 0{,}354 = 41{,}68\ ^oC$

1.3.5 Суммарный тепловой поток на отопление и вентиляцию $Q_{ов}$, МВт

$$Q_{ов} = (Q_о + Q_в) * K_{ов},\ МВт$$

Для (м.з) $Q_{ов} = (200+120) * 1 = 320$ МВт

Для (н.х) $Q_{ов} = (200+120) * 0{,}73 = 233{,}6$ МВт

Для (л) $Q_{ов} = 0$ МВт

1.3.6 Суммарный тепловой поток на отопление, вентиляцию и ГВС Q, МВт

$$Q = Q_{ов} + Q_{гв}$$

Для (м.з) Q = 320 + 70 = 390 МВт

Для (н.х) Q = 233 + 70 = 303 МВт

Для (л) Q = 0 + 56 = 56 МВт

1.3.7 Расход воды в подающей линии на отопление, вентиляцию и ГВС $G_{вн}$,_т/ч

$$G_{вн} = \frac{860 * Q}{t_n - t_o}$$

Для (м.з) $G_{вн} = \frac{860 * 390}{150 - 70} = 4192,5$ т/ч

Для (н.х) $G_{вн} = \frac{860 * 303}{115,86 - 57,46} = 4461,98$ т/ч

Для (л) $G_{вн} = \frac{860 * 56}{70 - 41,68} = 1700,56$ т/ч

1.3.8 Объём воды в тепловой сети, V, $м^3$

$$V = \frac{q * Q^{мз}}{p}$$

Для (м.з) $V = \frac{65 * 390}{1} = 25350$ $м^3$

Для (н.х) $V = \frac{65 * 390}{1} = 25350$ $м^3$

Для (л) $V = \frac{65 * 390}{1} = 25350$ $м^3$

1.3.9 Расход подпиточной воды для восполнения утечек в тепловой сети $G_{ут}$,_т/ч

$$G_{ут} = \frac{K_{mc}}{100} * V * p$$

Для (м.з) $G_{ут} = \frac{0,75}{100} * 25350 * 1 = 190,125$ т/ч

Для (н.х) $G_{ут} = \frac{0,75}{100} * 25350 * 1 = 190,125$ т/ч

Для (л) $G_{ут} = \frac{0,75}{100} * 25350 * 1 = 190,125$ т/ч

1.3.10 Расход сырой воды поступающей на ХВО $G_{св}$, т/ч

$$G'_{св} = K_{хво} * G_{ут}$$

Для (м.з) $G'_{св} = 1,25 * 190,125 = 237,656$ т/ч

Для (н.х) $G'_{св} = 1,25 * 190,125 = 237,656$ т/ч

Для (л) $G'_{св} = 1,25 * 190,125 = 237,656$ т/ч

1.3.11 Расход ОСВ $G_{осв}$, т/ч

$$G_{осв} = G_{вн} - G_{ут}$$

Для (м.з) $G_{осв} = 4192,5 – 190,125 = 4002,375$ т/ч

Для (н.х) $G_{осв} = 4461,98 – 190,125 = 4271,855$ т/ч

Для (л) $G_{осв} = 1700,56 – 190,125 = 1510,435$ т/ч

1.3.12 Доля ХОВ на выпар с деаэратора $K_{вып}$, т/ч

$K_{вып} = 5$ кг/т (13)

1.3.13 Расход ХОВ на выпар с деаэратора $G_{вып}$, т/ч

$$G_{вып} = \frac{K_{вып}}{1000} * G_{ут}$$

Для (м.з) $G_{вып} = \frac{5}{1000} * 190,125 = 0,95$ т/ч

Для (н.х) $G_{вып} = \frac{5}{1000} * 190,125 = 0,95$ т/ч

Для (л) $G_{вып} = \frac{5}{1000} * 190,125 = 0,95$ т/ч

1.3.14 Количество воды поступающей в деаэратор $G_{хво}$, т/ч

$$G_{хво} = G_{ут} + G_{вып}$$

Для (м.з) $G_{хво} = 190,125 + 0,95 = 191,075$ т/ч

Для (н.х) $G_{хво} = 190,125 + 0,95 = 191,075$ т/ч

Для (л) $G_{хво} = 190,125 + 0,95 = 191,075$ т/ч

1.3.15 Тепловой поток на Т/О первой ступени $Q_{то1}$, МВт

$$Q_{то1} = 0,00116 * G_{св} * (t_{хов} – t_{св}) * 1/\eta$$

Для (м.з) $Q_{то1}$ = 0,00116 * 237,656 * (20 – 5) * 1/0,98 = 4,219МВт

Для (н.х) $Q_{то1}$ = 0,00116 * 237,656 * (20 – 5) * 1/0,98 = 4,219 МВт

Для (л) $Q_{то1}$ = 0,00116 * 237,656 * (20 – 15) * 1/0,98 = 1,406 МВт

1.3.16 Расход воды после котлов на Т/О первой ступени $G_{то1}$, т/ч

$$G_{то1} = \frac{860 * Q\,mo}{t_1^{вк} - t_2^{вк}}$$

Для (м.з) $G_{то1} = \frac{860 * 4,219}{150 - 70}$ = 45,354 т/ч

Для (н.х) $G_{то1} = \frac{860 * 4,219}{150 - 70}$ = 45,354 т/ч

Для (л) $G_{то1} = \frac{860 * 1,406}{120 - 70}$ = 24,183 т/ч

1.3.17 Параметры выпара деаэратора: (14)

- Температура t_g =70 °С.
- Давление, P_g = 0,031 Мпа
- Энтальпия выпара $h_{вып}^{II}$= 2626,8 кДж/кг
- Энтальпия конденсата пара $h_{вып}^{I}$ = 292,97 кДж/кг

1.3.18 Теплоемкость воды С, КДж/кг * °С.

С = 4,19 кДж/кг * °С

1.3.19 Тепловой поток на ОВ $Q_{ов}$, МВт

$$Q_{ов} = \frac{G_{вып}\,(h_{вып}^{''} - h_{вып}^{'})}{3600}$$

Для (м.з) $Q_{ов} = \frac{0,95 * (2626,8 - 292,97)}{3600}$ = 0,615 МВт

Для (н.х) $Q_{ов} = \frac{0,95 * (2626,8 - 292,97)}{3600}$ = 0,615 МВт

Для (л) $Q_{ов} = \frac{0,95 * (2626,8 - 292,97)}{3600}$ = 0,615 МВт

1.3.20 Температура ХОВ после ОВ $t_{хов}^{''}$, °С

$$t''_{хов} = t'_{хов} + \frac{860 * Q ов * \eta}{G x ов}$$

Для (м.з) $t''_{хов} = 20 + \frac{860 * 0{,}615 * 0{,}98}{191.075} = 22{,}712$ °С

Для (н.х) $t''_{хов} = 20 + \frac{860 * 0{,}615 * 0{,}98}{191.075} = 22{,}712$ °С

Для (л) $t''_{хов} = 20 + \frac{860 * 0{,}615 * 0{,}98}{190.075} = 22{,}712$ °С

1.3.21 Температура ХОВ перед деаэратором $t_{хов}$, °С

$$t^{g}_{хов} = \frac{G_{вып} * h''_{вып} + G_{ут} * t_{подп} * C}{G_{хво} * C * \eta}$$

Для (м.з) $t^{g}_{хов} = \frac{0{,}95 * 2626{,}8 + 190.125 * 70 * 4{,}19}{191.075 * 4{,}19 * 0{,}98} = 74{,}254$ °С

Для (н.х) $t^{g}_{хов} = \frac{0{,}95 * 2626{,}8 + 190.125 * 70 * 4{,}19}{191.075 * 4{,}19 * 0{,}98} = 74{,}254$ °С

Для (л) $t^{g}_{хов} = \frac{0{,}95 * 2626{,}8 + 190.125 * 70 * 4{,}19}{191.075 * 4{,}19 * 0{,}98} = 74{,}254$ °С

1.3.22 Тепловой поток на Т/О второй ступени $Q_{то2}$, МВт

$$Q_{то2} = \frac{0{,}00116 * G_{хов}\left(t^{g}_{хов} - t''_{хов}\right)}{\eta}$$

Для (м.з) $Q_{то2} = \frac{0{,}00116 * 190.075\left(74{,}254 - 22{,}712\right)}{0{,}98} = 11.657$ МВт

Для (н.х) $Q_{то2} = \frac{0{,}00116 * 190.075\left(74{,}254 - 22{,}712\right)}{0{,}98} = 11.657$ МВт

Для (л) $Q_{то2} = \frac{0{,}00116 * 190.075\left(74{,}254 - 22{,}712\right)}{0{,}98} = 11.657$ МВт

1.3.23 Расход воды после котлов на Т/О второй ступени, $G_{то2}$,т/ч

$$G_{то2} = \frac{860 * Q то 2}{t_1^{вк} - t_2^{вк}}$$

Для (м.з) $G_{то2} = \frac{860 * 11{,}657}{150 - 70} = 125{,}506$ т/ч

Для (н.х) $G_{то2} = \frac{860 * 11{,}657}{150 - 70} = 125{,}506$ т/ч

Для (л) $G_{то2} = \frac{860 * 11{,}657}{120 - 70} = 200{,}5$ т/ч

1.3.24 Суммарный тепловой поток, который необходимо получить в котлах $\sum Q,,\ MBm$

$$\sum Q = Q + Q_{то1} + Q_{то2}$$

Для (м.з) $\sum Q$ = 390+4,219+11,657 = 405,876 МВт

Для (н.х) $\sum Q$ = 303+4,219+11,657 = 318,876 МВт

Для (л) $\sum Q$ = 56+1,406+11,657 = 69,063 МВт

1.3.25 Расход воды через водогрейные котлы $G_к$, т/ч

$$G_к = \frac{860 * \sum Q}{t_1^{вк} - t_2^{вк}}$$

Для (м.з) $G_к = \frac{860 * 405,876}{150 - 70}$ = 4363,167 т/ч

Для (н.х) $G_к = \frac{860 * 318,876}{150 - 70}$ = 3427,917 т/ч

Для (л) $G_к = \frac{860 * 69,063}{120 - 70}$ = 1187,883 т/ч

1.3.26 Расход воды поступающей на СН $G_{сн}$, т/ч

$$G_{сн} = G_{осв} + G_{ут} + G_{то1} + G_{то2}$$

Для (м.з) $G_{сн}$ = 4002,375+190,125+45,354+125,506=4363,36 т/ч

Для (н.х) $G_{сн}$ =4271,855+190,125+45,354+125,506=4632,84 т/ч

Для (л) $G_{сн}$ = 1510,435+190,125+24,183+200,5=1925,243 т/ч

1.3.27 Температура ОСВ поступающей на СН $t_{сн}$, ^oC

$$t_{сн} = (G_{осв} * t_o + G_{ут} * t_{подп} + G_{то1} * t_2^{вк} + G_{то2} * t_2^{вк}) * 1/G_{сн}$$

Для (м.з) $t_{сн}$=(4002,375*70+190,125*70+45,354*70+125,506*70) * 1/4363,36= =70 ^oC

Для (н.х) $t_{сн}$=(4271,855*57,46+190,125*70+45,354*70+125,506*70) * 1/4632,84 =58,437 ^oC

Для (л) $t_{сн}$=(1510,435*41,68+190,125*70+24,183*70+200,5*70) * 1/1925,243 = =47,781 ^oC

1.3.28 Расход воды на рециркуляционные насосы $G_{рец}$ т/ч

$$G_{рец} = G_к \frac{t_2^{вк} - t_{сн}^{❑}}{t_1^{вк} - t_{сн}^{❑}}$$

Для (м.з) $G_{рец}$ =4363,167 $\frac{70-70}{150-70}$ = 0 т/ч

Для (н.х) $G_{рец}$ = 3427,917 $\frac{70-58,437}{150-58,437}$ = 432,893 т/ч

Для (л) $G_{рец}$ = 1187,883 $\frac{70-47,781}{120-47,781}$ = 365,465 т/ч

1.3.29 Расход ОСВ на котлы после СН $G_{сн}$, т/ч

$$G'_{сн} = G_к – G_{рец}$$

Для (м.з) $G'_{сн}$ = 4363,167 т/ч

Для (н.х) $G'_{сн}$ = 3427,917 - 432,893 = 2995,024 т/ч

Для (л) $G'_{сн}$= 1187,883 – 365,465 = 822,418 т/ч

1.3.30 Расход воды после котла внешним потребителям $G_к$, т/ч

$$G'_к = G_к – G_{то1} – G_{то2} - G_{рец}$$

Для (м.з) $G'_к$ = 4363,167 – 45,354 – 125,506 - 0 = 4192,307 т/ч

Для (н.х) $G'_к$ = 3427,917 – 45,354 – 125,506 – 432.893 = 2824,167 т/ч

Для (л) $G'_к$ = 1187,883 – 24,183 – 200,5 – 365,465 = 597,735 т/ч

1.3.31 Расход воды по линии перепуска $G_{пер}$, т/ч

$$G_{пер} = G_{сн} - G'_{сн}$$

Для (м.з) $G_{пер}$ = 4363,36 – 4363,167 = 0,193 т/ч

Для (н.х) $G_{пер}$ = 4632,84 – 2995,024 = 1637,816 т/ч

Для (л) $G_{пер}$=1925,243 – 822,418 =1102,825 т/ч

1.3.32 Уточненный расход ПСВ внешним потребителем $G'_{псв}$, т/ч

$$G'_{псв}= G'_к + G_{пер}$$

Для (м.з) $G'_{псв}$= 4192,307 + 0,193 = 4192,5 т/ч

Для (н.х) $G'_{псв}$= 2824,167 + 1637,816 = 4461,983 т/ч

Для (л) $G'_{псв}$= 597,735 + 1102,825 = 1700,56 т/ч

1.3.33 Погрешность расчетов $\Delta G_{псв}$

$$\Delta G_{псв} = \frac{G_{вн} - G'_{псв}}{G_{вн}} * 100\%$$

Для (м.з) $\Delta G_{псв} = \frac{4192,5 - 4192,5}{4192,5} * 100 = 0$

Для (н.х) $\Delta G_{псв} = \frac{4461,98 - 4461,98}{4461,98} * 100 = 0$

Для (л) $\Delta G_{псв} = \frac{1700,56 - 1700,56}{1700,56} * 100 = 0$

1.3.34 Уточненная температура ПСВ $t_п$, ^oC

$$t'_n = \frac{G_{пер} * t_{сн} + G'_k * t_1^{вк}}{G'_{псв}}$$

Для (м.з) $t'_n = \frac{0,193 * 70 + 4192,307 * 150}{4192,307} = 150\ ^oC$

Для (н.х) $t'_n = \frac{1637,816 * 58,437 + 2824,167 * 150}{4461,983} = 116,39\ ^oC$

Для (л) $t'_n = \frac{1102,825 * 47,781 + 597,735 * 120}{1700,56} = 73,165\ ^oC$

Результаты расчетов тепловой схемы сведены в таблицу 1.2

Таблица 1.2

Наименование, обозначение, единица измерения величины.	Значение величины при характерных режимах работы котельной		
	максимально зимний	наиболее холодного месяца	летний
1. Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление и вентиляцию, $K_{ов}$	1	0,73	-
2. Температура ПСВ на выходе из котельной $t_п$, °С.	150	115,86	70
3. Температура обратной сетевой воды, $t_о$, °С.	70	57,46	41,68
4. Суммарный тепловой поток на отопление и вентиляцию $Q_{ов}$, МВт.	320	233,6	0
5. Суммарный тепловой поток на отопление, вентиляцию и ГВС, Q, МВт.	390	303	56
6. Расход воды в подающей линии на отопление, вентиляцию и ГВС, $G_{вн}$, т/ч	4192,5	4461,98	1700,56
7. Объём воды в тепловой сети, V, $м^3$	25350	25350	25350
8. Расход подпиточной воды для восполнения утечек в тепловой сети, $G_{ут}$, т/ч	190,125	190,125	190,125
9. Расход сырой воды поступающей на ХВО, $G'_{св}$т/ч	237.656	237.656	237.656
10. Расход ОСВ, $G_{осв}$, т/ч	4002.375	4271.855	1510.435
11. Расход ХОВ на выпар с деаэратора $G_{вып}$, т/ч	0,95	0,95	0,95
12. Количество воды поступающей в деаэратор, $G_{хво}$, т/ч	191,075	191,075	191,075
13. Тепловой поток на Т/О первой ступени, $Q_{то1}$, МВт	4,19	4,19	1,406
14. Расход воды после котлов на Т/О первой ступени, $G_{то1}$, т/ч	45,354	45,354	24,183
15. Тепловой поток на ОВ, $Q_{ов}$, МВт	0,615	0,615	0,615
16. Температура ХОВ после ОВ, $t''_{хов}$, °С.	22,712	22,712	22,712
17. Температура ХОВ перед деаэратором $t_{хов}$, °С.	74,254	74,254	74,254

18. Тепловой поток на Т/О второй ступени $Q_{то2}$, МВт	11,657	11,657	11,657
19. Расход воды после котлов на Т/О второй ступени, $G_{то2}$,т/ч	125,506	125,506	200,5
20. Суммарный тепловой поток, который необходимо получить в котлах, $\sum Q$, *MBm*	405,876	318,876	69,063
21. Расход воды через водогрейные котлы, $G_к$, т/ч	4363,167	3427,917	1187,883
22. Расход воды поступающей на СН, $G_{сн,}$ т/ч	4363,36	4632,84	1925,243
23. Температура ОСВ поступающей на СН, $t_{сн}$, ^oC.	70	58,437	47,781
24. Расход воды на рециркуляционные насосы, $G_{рец}$ т/ч	0	432,893	365,465
25. Расход ОСВ на котлы после СН, $G'_{сн}$, т/ч	4363.167	2995.024	822.418
26. Расход воды после котла внешним потребителямG'_k, т/ч	4192.307	2824.167	597.735
27. Расход воды по линии подмеса, $G_{пер}$, т/ч	0.193	1637.816	1102.825
28. Уточненный расход ПСВ внешним потребителем $G'_{псв}$, т/ч	4192.5	4461.983	1700.56
29. Уточненная температура ПСВ, $t_п$, .	150	116.39	73,165

1.4 Выбор котлов

На основе заданной тепловой нагрузки выбираем котлы марки ПТВМ -120, КВ-ГМ-100

1.4.1 Количество котлов в период максимальной нагрузки (зимний режим):

$$n = \frac{\sum Q^{мз}}{Q к}$$

для котла ПТВМ 120: $n = \frac{405,876}{139,6} = 2,9$. Выбираем 3 котла

для котла КВ-ГМ-100: $n = \frac{405,876}{116,3} = 3,49$. Выбираем 4котла

При авариях на источнике теплоты на его выходных коллекторах в течении всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться подача теплоты на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным потребителям второй и третьей категории в размере 87% (при $t_н^{м.з}$ = -30 С)

1.4.2 Необходимая минимальная мощность при отказе одного котла Q_{min}, МВт

$$Q_{min} = \frac{k}{100} * \sum Q^{нх}$$

$Q_{min} = \frac{87}{100} * 318,876 = 277,422$ МВт

1.4. 3. Вырабатываемая максимальная мощность при отказе одного котла Q_{max}, МВт

$$Q_{max} = (n-1) * Q_к^у$$

Для котла ПТВМ 120: (3-1) * 139,6 = 279,2 > 277,422 – надежность обеспечена.

Для котла КВ-ГМ-100: (4-1) * 116,3 = 348,9 > 277,422 – надежность обеспечена.

1.4. 4 Количество работающих водогрейных котлов.

Количество работающих водогрейных котлов определяется по формуле:

$$n = \frac{\sum Q^{❑}}{Q к}$$

Результаты расчетов количества работающих водогрейных котлов сведены в таблицу 1.3

Таблица 1.3.

Режим работы котлов	Количество работающих водогрейных котлов, шт.	
	ПТВМ - 120	КВ-ГМ-100
Период максимальной нагрузки (зимний режим)	405,876/139,6 = 2,9 ≈ 3	405,876/116,3 = 3,49 ≈ 4
Режим наиболее холодного месяца	318,876/139,6 = 2,28 ≈ 3	318,876/116,3 = 2,74 ≈ 3
Летний	69,063/ 139,6 = 0,49 ≈ 1	69,063/ 116,3 = 0,59 ≈ 1

1.4. 5 Загрузка работающих котлов

Загрузка работающих котлов определяется по формуле:

$$k_{загр} = \frac{100 * \sum Q^{❑}}{n * \ Q к}$$

Расчеты загрузка работающих котлов сведены в таблицу 1.4

Таблица 1.4

Режим работы котлов	Загрузка котлов, %	
	ПТВМ - 120	КВ-ГМ-100
Период максимальной нагрузки (зимний режим)	100*405,876/3*139,6 = 96,91	100*405,876/4*116,3 = 87,24
Режим наиболее холодного месяца	100*318,876/3*139,6 = 76,14	100*318,876/3*116,3 = 91,39
Летний	100*69,063/1*139,6 = 49,47	100*69,063/1*116,3 = 59,38

По загрузке котлов в разные периоды предпочтение отдаем схеме с четырьмя котлами марки КВ-ГМ-100.

1.5 Техническая характеристика и описание конструкций котла

Водогрейные котлы типа КВ-ГМ-100 (рис. 1.2, 1.3) , теплопроизводительностью 100 Гкал/ч, предназначены на теплотехнических станциях для получения горячей воды с номинальной температурой 150 ºС, используемой в системах отопления, вентиляции и системах горячего водоснабжения жилых и общественно-производственных зданий.

Котел КВ-ГМ-100 по конструкции водотрубный прямоточный с П-образной сомкнутой компоновкой поверхностей нагрева. Состоит из топочной камеры и конвективной шахты.

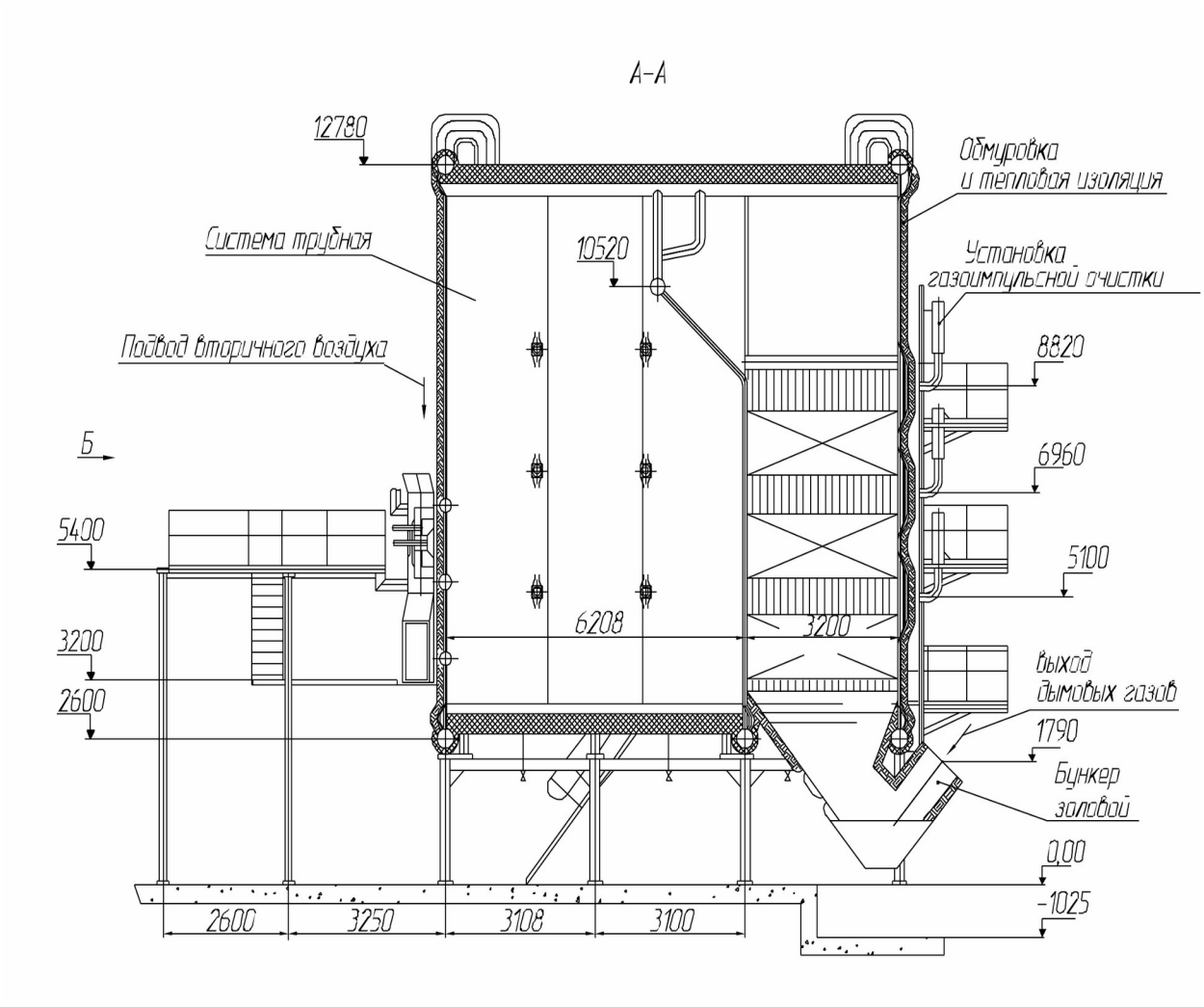


Рис. 1.2 Котел КВ-ГМ-100 (продольный разрез).

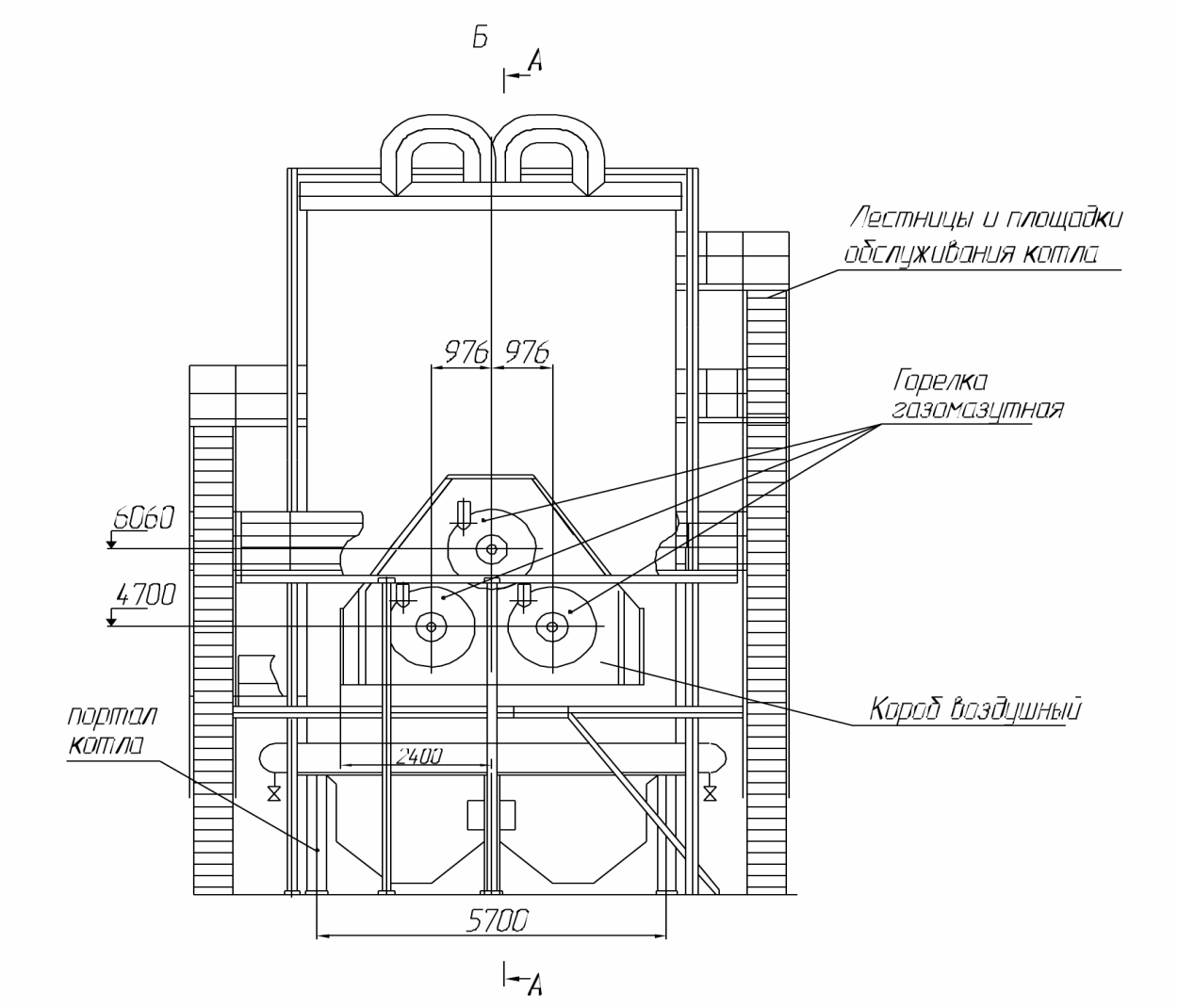


Рис. 1.3 Котел КВ-ГМ-100 (вид спереди).

Топочная камера экранирована трубами ø 60х3 мм, с шагом 64 мм,входящие в коллектора ø 273х11 мм. Между топочной камерой и конвективной шахтой сверху имеется проход для дымовых газов.

Конвективная поверхность нагрева состоит из трех пакетов – ширм (Vобразные змеевики) из труб ø 28х3 мм, расположенных параллельно фронту котла в вертикально экранированной шахте. Ширмы, составляющие пакет конвектива завариваются в трубы-стояки ø 83х3,5 мм с шагом 128 мм.

Котел газоплотный – экранные трубы с внешней стороны обшиты стальным листом, толщиной 2 мм. Фронтовой, промежуточный и задний экраны, а также боковые стены конвективной части, опираются на портал.

Нижние коллектора экранов имеют опоры. Опора, расположенная по середине нижнего коллектора промежуточного экрана является неподвижной.

Для удаления воздуха из верхних коллекторов (при заполнении котла водой) установлены воздушники с выводами в сливную воронку. Для проведения ремонтных работ и осмотров поверхностей нагрева в котле имеется лазы. Для наблюдения за работой котла установлены гляделки.

Котел имеет облегченную обмуровку и теплоизоляцию. Котел оборудован тремя газомазутными горелками ПГМГ-40 среднего давления с принудительной подачей воздуха. Горелки предназначены для сжигания природного газа и мазута марки 40 и 100. Горелки оборудованы паромеханической форсункой.

Для автоматического розжига горелки при работе на природном газе мазуте и разделительного контроля запального и основного факелов, горелки оборудованы запально-защитным устройством ЗЗУ-4-700 с сигнализаторами горения ФЗ4. Горелки устанавливаются на воздушном коробе котла, который крепится на фронтовой экран к горизонтальным коллекторам. Воздух на горение может подводиться как с улицы, так и из помещения теплостанции. Регулировка забора воздуха производится вручную шибером, установленном на крыше котельного зала.

Воздух, забираемый с улицы, подогревается до температуры +10 - +30 ^{o}C в воздухоподогревателе, установленном перед вентилятором. Воздухоподогреватель состоит из калориферов типа КСК-3-12. Затем подогретый воздух подается по воздуховоду к каждой из горелок дутьевым вентилятором ВДН-18.

Отвод продуктов горения принудительный. Разряжение создается дымососом ДН-22Х2-0,62 (по одному на каждый котел). Продукты горения удаляются через дымовую трубу.

В качестве утилизаторов тепла уходящих газов применяются калориферы КСК-3-12, состоящие из 8 секций, собранных по параллельно -последовательной схеме на газоходах.

Котлы включены по шести ходовой схеме циркуляции воды .

Основной режим:

1 ход – вода подводится в нижний коллектор фронтового экрана, а из него поднимается в верхний коллектор

2 ход – затем вода попадает в первую половину верхних коллекторов боковых экранов, спускается в нижние коллектора

3 ход – из нижних коллекторов боковых экранов поднимается во вторую половину верхних коллекторов

4 ход – затем вода попадает в верхний коллектор промежуточного экрана и спускается в нижний коллектор

5 ход – из нижних коллекторов конвективной части пройдя ширмы поднимается в промежуточные коллектора , затем в верхние коллектора боковых экранов конвективной части

6 ход – потом вода попадает в верхний коллектор заднего экрана, а из него в нижний отводится из котла.

Конструктивные характеристики и расчётные данные котла КВ-ГМ-100 приведены в таблице 1.5:

Таблица 1.5

Наименование, единицы измерения	Величина
Номинальная теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт/ч)	100 (116,3)
Давление воды: -расчетное, кгс/см^2 -минимальное на выходе, кгс/см^2	 25 10
Температура воды: -на входе, ^{o}C -на выходе, ^{o}C	 70 150
Расход воды, т/ч	1235
Температура уходящих газов: -при работе на газе, ^{o}C -при работе на мазуте, ^{o}C	 138 180
Расход топлива: -газа, м^3/ч -мазута, кг/ч	 12720 13800
Максимальный удельный расход условного топлива, м^{3}Гкал/ч	156
Минимальный КПД котла: -при работе на газе, % -при работе на мазуте, %	 93,2 91,8
Диапазон регулирования теплопризводительности, % от номинального	20-100
Средняя наработка на отказ не менее, час	5500
Срок службы между кап. ремонтами, не менее, год	2
Полный назначенный срок службы, год	20
Удельный выброс оксидов азота: -при работе на газе, г/м^3	 0,3
Объем топочной камеры, м^3	388
Поверхность нагрева: -радиационная, м^2 -конвективная, м^2	 325 2385
Габаритные размеры: -длина, мм -ширина, мм -высота, мм	 14680 9850 14365
Водяной объем котла, м^3	30
Полная масса котла, кг	135000

РАЗДЕЛ 2 РАСЧЕТ И ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ

2.1 Расчет теплообменников первой и второй ступени

Количество теплообменников принимаем согласно схемам, i=4 для первой ступени и i=3 для второй ступени.

2.1.1 Расход греющей воды $G_{гр}$, кг/с

$$G_{гр} = \frac{G\,гр * 1000}{3600 * i}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $G_{гр} = \frac{45{,}354 * 1000}{3600 * 4}$ =3,149 кг/с

лето – $G_{гр} = \frac{24{,}183 * 1000}{3600 * 4}$ = 1,679 кг/с

Теплообменник второй ступени:

зима – $G_{гр} = \frac{125{,}506 * 1000}{3600 * 3}$ =11,62 кг/с

лето – $G_{гр} = \frac{200{,}5 * 1000}{3600 * 3}$ = 18,564 кг/с

2.1.2 Температура греющей воды на входе t_1, ^oC

Теплообменник первой ступени:

зима - t_1 = 150 ^oC

лето - t_1 = 120 ^oC

Теплообменник второй ступени:

зима - t_1 = 150 ^oC

лето - t_1 = 120 ^oC

2.1.3 Температура греющей воды на выходе t_2,^oC

Теплообменник первой ступени:

зима – t_2 = 70 ^oC

лето – t_2 = 70 °С

Теплообменник второй ступени:

зима - t_2 = 70 °С

лето - t_2 = 70 °С

2.1.4 Расход нагреваемой воды G, кг/с

$$G = \frac{G * 1000}{3600 * i}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $G = \frac{237,656 * 1000}{3600 * 4} = 16,503$ кг/с

лето - $G = \frac{237,656 * 1000}{3600 * 4} = 16,503$ кг/с

Теплообменник второй ступени:

зима - $G = \frac{191,075 * 1000}{3600 * 3} = 17,692$ кг/с

лето - $G = \frac{191,075 * 1000}{3600 * 3} = 17,692$ кг/с

2.1.5 Температура нагреваемой воды на входе $t_{вх}$, °С

Теплообменник первой ступени: (3)

зима - $t_{вх}$ = 5 °С

лето - $t_{вх}$ = 15 °С

Теплообменник второй ступени:

зима - $t_{вх}$ = 22,712 °С

лето - $t_{вх}$ = 22,712 °С

2.1.6 Температура нагреваемой воды на выходе $t_{вых}$, °С

Теплообменник первой ступени:

зима - $t_{вых}$ = 20 °С

лето - $t_{вых}$ = 20 °С

Теплообменник второй ступени:

зима - $t_{вых}$ = 74,254 °С

лето - $t_{вых}$ = 74,254 °С

2.1.7 Плотность воды при t_1 ρ_1, кг/м^3 (14)

Теплообменник первой ступени:

зима - ρ_1 = 916,93 кг/м^3

лето – ρ_1= 945,13 кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима - ρ_1 = 916,93 кг/м^3

лето – ρ_1= 945,13 кг/м^3

2.1.8 Плотность воды при t_2 ρ_2, кг/м^3 (14)

Теплообменник первой ступени:

зима – ρ_2 = 977,81 кг/м^3

лето – ρ_2= 977,81 кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима – ρ_2 = 977,81 кг/м^3

лето – ρ_2= 977,81 кг/м^3

2.1.9 Плотность воды при $t_{вх}$ $\rho_{вх}$, кг/м^3

$$\rho_{вх} = \left(\frac{\rho 1 - \rho 2}{t 2 - t 1}\ (t_2\text{-}t)\right) + \rho^2$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $\rho_{вх} = \left(\frac{999,87 - 999,73}{10 - 0}\ (10\text{-}5)\right) + 999,73 = 999,8$ кг/м^3

лето – $\rho_{вх}$ = 999 кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима – $\rho_{вх} = \left(\frac{998,23 - 997}{25 - 20}\ (25\text{-}22,69)\right) + 997 = 997,56$ кг/м^3

лето – $\rho_{вх} = \left(\frac{998,23 - 997}{25 - 20}\ (25\text{-}22,69)\right) + 997 = 997,56$ кг/м^3

2.1.10 Плотность воды при $t_{вых}$ $\rho_{вых}$, кг/м^3

$$\rho_{вых} = \left(\frac{\rho 1 - \rho 2}{t 2 - t 1}\ (t_2\text{-}t)\right) + \rho^2$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $\rho_{вых}$ = 998,23 кг/м^3

лето – $\rho_{вых}$ = 998,23 кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима – $\rho_{вых} = (\frac{975,48-974,84}{75-74}$ (75-74,254)) + 974,84 = 975,32 кг/м^3

лето – $\rho_{вых} = (\frac{975,48-974,84}{75-74}$ (75-74,254)) + 974,84 = 975,32 кг/м^3

2.1.11 Средняя температура греющей воды $t^{ср}_{гр.в.}$, °С

$$t^{ср}_{гр.в.} = \frac{t1 + t2}{2}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $t^{ср}_{гр.в.} = \frac{150+70}{2}$ = 110 °С

лето - $t^{ср}_{гр.в.} = \frac{120+70}{2}$ = 95 °С

Теплообменник второй ступени:

зима - $t^{ср}_{гр.в.} = \frac{150+70}{2}$ = 110 °С

лето - $t^{ср}_{гр.в.} = \frac{120+70}{2}$ = 95 °С

2.1.12 Средняя температура нагреваемой воды $t^{ср}_{нагр.в.}$ °С

$$t^{ср}_{нагр.в.} = \frac{t\,вх + t\,вых}{2}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $t^{ср}_{нагр.в.} = \frac{20+5}{2}$ = 12,5 °С

лето - $t^{ср}_{гр.в.} = \frac{20+15}{2}$ = 17,5 °С

Теплообменник второй ступени:

зима - $t^{ср}_{нагр.в.} = \frac{22,712+74,254}{2}$ = 48,483 °С

лето - $t^{ср}_{нагр.в.} = \frac{22,712+74,254}{2}$ = 48,483 °С

2.1.13 Плотность греющей воды $\rho_{гр.в.}$, кг/м^3

$$\rho_{гр.в.} = \frac{\rho 1 + \rho 2}{2}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $\rho_{гр.в.} = \frac{916,93 + 977,81}{2} = 947,37$ кг/м^3

лето - $\rho_{гр.в.} = \frac{945,13 + 998,23}{2} = 961,47$ кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима - $\rho_{гр.в.} = \frac{916,93 + 977,81}{2} = 947,37$ кг/м^3

лето - $\rho_{гр.в.} = \frac{945,13 + 998,23}{2} = 961,47$ кг/м^3

2.1.14 Плотность нагреваемой воды $р_{нагр}$, кг/м^3

$$\rho_{нагр.в.} = \frac{\rho вх + \rho вых}{2}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $\rho_{нагр.в.} = \frac{999,8 + 998,23}{2} = 999,02$ кг/м^3

лето - $\rho_{нагр.в.} = \frac{999 + 998,23}{2} = 998,62$ кг/м^3

Теплообменник второй ступени:

зима - $\rho_{нагр.в.} = \frac{997,56 + 975,32}{2} = 986,44$ кг/м^3

лето - $\rho_{нагр.в.} = \frac{997,56 + 975,32}{2} = 986,44$ кг/м^3

2.1.15 Скорость воды $w_в$

Принять от 0,5 до 2,0 по методическим указаниям (8) , $w_в$=1 м/с

2.1.16 Живое сечение для прохода греющей воды $f_{гр.в.}$, м^2

$$f_{гр.в.} = \frac{G гр}{w_в^{\square} * \rho_{гр.в.}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - $f_{гр.в.} = \frac{3,149}{1*947,37} = 0,00332$ м^2

лето - $f_{гр.в.} = \frac{1,679}{1*961,47} = 0,00174$ м^2

Теплообменник второй ступени:

зима - $f_{гр.в.} = \frac{11,62}{1*947,37} = 0,01226$ м^2

лето - $f_{гр.в.} = \frac{18,564}{1*961,47} = 0,0193$ м^2

2.1.17 Скорость нагреваемой воды $w_{в.}^{'}$, м/с

Принимаем скорость нагреваемой воды, идущей по трубам 2.5 м/с (8).

2.1.18 Живое сечение для прохода нагреваемой воды $f_{нагр.в.,}$ м^2

$$f_{нагр.в.} = \frac{G}{w_{в}^{'} * p_{нагр.в.}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима $f_{нагр.в.} = \frac{16,503}{2,5*999,02} = 0,00660$ м^2

лето - $f_{нагр.в.} = \frac{16,503}{2,5*998,62} = 0,00661$ м^2

Теплообменник второй ступени:

зима - $f_{нагр.в.} = \frac{17,692}{2,5*986,44} = 0,00717$ м^2

лето - $f_{нагр.в} = \frac{17,692}{2,5*986,44} = 0,00717$ м^2

2.1.19 Тип теплообменников

По результатам расчётов выбираем теплообменники (8) :

для первой ступени: 11 ОСТ 34-588-68

для второй ступени: 13 ОСТ 34-588-68

2.1.20 Характеристики теплообменников приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1

	обозначение	Тип теплообменника	
		11 ОСТ 34-588-68 11-219*2000-Р ПВ – z - 11	13 ОСТ 34-588-68 13-273*2000-Р ПВ - z - 13
Площадь поверхности нагрева (охлаждения) подогревателя Fc, $м^2$	Fc	5,89	10
Диаметр корпуса наружный, Dн, м	Dн	0,219	0,273
Диаметр корпуса внутренний, Dвн, м	Dвн	0,207	0,259
Площадь проходного сечения по трубкам $f_{тр}$, $м^2$	$f_{тр}$	0,00985	0,01679
Площадь проходного сечения в межтрубном пространстве $f_{мтр}$, $м^2$	$f_{мтр}$	0,02079	0,03077
Диаметр трубок наружный $d_н$, м	$d_н$	0,016	0,016
Диаметр трубок внутренний $d_{вн}$, м	$d_{вн}$	0,014	0,014
Кол-во трубок, z, шт	z	64	109

2.1.21 Действительная скорость греющей воды, $w_{гр.в.}$, м/с

$$w_{гр.в.} = \frac{G\,гр}{f\,мтр * \rho_{гр.в.}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима $w_{гр.в.} = \frac{3,149}{0,02279 * 947,37} = 0,1598$ м/с

лето - $w_{гр.в.} = \frac{4,48}{0,02079 * 961,47} = 0,0839$ м/с

Теплообменник второй ступени:

зима $w_{гр.в.} = \frac{11,62}{0,03077 * 947,37} = 0,3986$ м/с

лето - $w_{гр.в.} = \frac{18,564}{0,03077 * 961,47} = 0,6274$ м/с

2.1.22 Действительная скорость нагреваемой воды $w_{нагр.в.}$, м/с

$$w_{нагр.в.} = \frac{G}{f\,mp * \rho_{нагр.в.}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима $w_{нагр.в.} = \frac{16,503}{0,00985 * 999,02} = 1,677$ м/с

лето - $w_{нагр.в.} = \frac{16,503}{0,00985 * 998,62} = 1,677$ м/с

Теплообменник второй ступени:

зима $w_{нагр.в.} = \frac{17,692}{0,01679 * 986,44} = 1,068$ м/с

лето - $w_{нагр.в.} = \frac{17,692}{0,01679 * 986,44} = 1,068$ м/с

2.1.23 Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{экв}$, м

$$d_{экв} = \frac{D_{вн}^2 - z\ d_н^2}{D\,вн + z d\,н}$$

Теплообменник первой ступени:

зима $d_{экв} = \frac{0,207^2 - 64 *\ 0,016^2}{0,207 + 64 * 0,016} = 0,0214$ м

лето - $d_{экв} = \frac{0,207^2 - 64 *\ 0,016^2}{0,207 + 64 * 0,016} = 0,0214$ м

Теплообменник второй ступени:

зима $d_{экв} = \frac{0,259^2 - 109 *\ 0,016^2}{0,259 + 109 * 0,016} = 0,0195$

лето - $d_{экв} = \frac{0,259^2 - 109 *\ 0,016^2}{0,259 + 109 * 0,016} = 0,0195$

2.1.24 Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенкам трубок α_1, Вт/м^2*^{o}С

$$\alpha_1 = 1,163\ (1400 + 18 * t_{гр.в.}^{ср} - 0,035 (t_{гр.в.}^{ср})^2) * \frac{w_{гр.в.}^{0,8}}{d_{вн}^{0,2}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима - α_1=1,163 (1400+18*110-0,035(110^2)* $\frac{0,1598^{0,8}}{0,014^{0,2}}$ = 1862,058 Вт/м^2*^{o}C

лето - α_1=1,163 (1400+18*95-0,035(95^2)* $\frac{0,0839^{0,8}}{0,014^{0,2}}$ = 1051,016 Вт/м^2*^{o}C

Теплообменник второй ступени:

зима - α_1=1,163 (1400+18*110-0,035(110^2)* $\frac{0,3986^{0,8}}{0,14^{0,2}}$ = 3868,671 Вт/м^2*^{o}C

лето - α_1=1,163 (1400+18*95-0,035(95^2)* $\frac{0,6274^{0,8}}{0,14^{0,2}}$ = 5255,76 Вт/м^2*^{o}C

2.1.25 Коэффициент теплоотдачи от стенок к нагреваемой воде α_2, Вт/м^2*^{o}C

$$\alpha_2=1,163\ (1400+18*t^{ср}_{нагр.в.}-0,035(t^{ср}_{нагр.в.})^2)*\frac{w^{0,8}_{нагр.в.}}{d^{0,2}_{экв}}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – α_2=1,163 (1400+18*12,5-0,035($12,5^2$)* $\frac{1,677^{0,8}}{0,0214^{0,2}}$ = 6144,87 Вт/м^2*^{o}C

лето – α_2=1,163 (1400+18*17,5-0,035($17,5^2$)* $\frac{1,677^{0,8}}{0,0214^{0,2}}$ = 6466,431 Вт/м^2*^{o}C

Теплообменник второй ступени:

зима – α_2=1,163(1400+18*48,483-0,035($48,483^2$)* $\frac{1,068^{0,8}}{0,0195^{0,2}}$ = 5901,437 Вт/м^2*^{o}C

лето – α_2=1,163 (1400+18*48,483-0,035($48,483^2$)* $\frac{1,068^{0,8}}{0,0195^{0,2}}$ = 5901,437 Вт/м^2*^{o}C

2.1.26 Коэффициент, учитывающий накипь, μ

μ принять равным 0,7 (8)

2.1.27 Коэффициент теплопередачи теплообменника k, Вт/м^2*^{o}C

$$k=\mu*\frac{\alpha 1*\alpha 2}{\alpha 1+\alpha 2}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $k= 0,7 * \frac{1862,058 * 6144,87}{1862,058 + 6144,87}$ = 1000,317 Вт/м^2*^{o}C

лето – $k= 0,7 * \frac{1051,016 * 6466,431}{1051,016 + 6466,431}$ = 632,851 Вт/м^2*^{o}C

Теплообменник второй ступени:

зима – $k= 0,7 * \frac{3868,671 * 5901,437}{3868,671 + 5901,437}$ = 1635,754 Вт/м^2*^{o}C

лето – $k= 0,7 * \frac{5255,76 * 5901,437}{5255,76 + 5901,437}$ = 1945,97 Вт/м^2*^{o}C

2.1.28 Температурный напор Δt_1, ^{o}C

$$\Delta t_1 = t_1 - t_{вых}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – Δt_1= 150 - 20 = 130 ^{o}C ($\Delta t_б$)

лето –Δt_1= 120 – 20 = 100 ^{o}C ($\Delta t_б$)

Теплообменник второй ступени:

зима – Δt_1= 150 – 74,254 = 75,746 ^{o}C ($\Delta t_б$)

лето – Δt_1= 120 – 74,254 = 45,746 ^{o}C ($\Delta t_м$)

2.1.29 Температурный напор Δt_2, ^{o}C

$$\Delta t_2 = t_2 - t_{вх}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – Δt_2= 70 – 5 = 65 ^{o}C ($\Delta t_м$)

лето –Δt_2= 70 – 15= 55 ^{o}C ($\Delta t_м$)

Теплообменник второй ступени:

зима – Δt_2= 70 – 22,712 = 47,288 ^{o}C ($\Delta t_м$)

лето – Δt_2= 70 – 22,712 = 47,288 ^{o}C ($\Delta t_б$)

2.1.30. Средний температурный напор $\Delta t_{ср}$, ^{o}C

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t б - \Delta t м}{\ln(\Delta t б / \Delta t м)}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $\Delta t_{ср} = \frac{130 - 65}{\ln(130/65)} = 93{,}78$ °С

лето – $\Delta t_{ср} = \frac{100 - 55}{\ln(100/55)} = 75{,}27$ °С

Теплообменник второй ступени:

зима – $\Delta t_{ср} = \frac{75{,}746 - 47{,}288}{\ln(75{,}746/47{,}288)} = 60{,}4$ °С

лето – $\Delta t_{ср} = \frac{47{,}288 - 45{,}746}{\ln(47{,}288/45{,}746)} = 46{,}51$ °С

2.1.31 Требуемая поверхность нагрева F, м^2

$$F = \frac{Q * 10^6}{k * \Delta t\,cp * i}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $F = \frac{4{,}219 * 10^6}{1000{,}317 * 93{,}78 * 4} = 11{,}166$ м^2

лето - $F = \frac{1{,}406 * 10^6}{632{,}851 * 75{,}27 * 4} = 7{,}379$ м^2

Теплообменник второй ступени:

зима – $F = \frac{11{,}657 * 10^6}{1635{,}754 * 60{,}4 * 3} = 39{,}328$ м^2

лето – $F = \frac{11{,}657 * 10^6}{1945{,}97 * 46{,}51 * 3} = 49{,}932$ м^2

2.1.32 Число секций подогревателя n, шт

$$n = \frac{F}{F_c}$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $n = \frac{11{,}166}{5{,}89} = 1{,}89 \approx 2$ шт

лето - $n = \frac{7{,}379}{5{,}89} = 1{,}25 \approx 2$ шт

Теплообменник второй ступени:

зима – $n = \frac{39{,}328}{10} = 3{,}93 \approx 4$ шт

лето – n = $\frac{42,93}{10}$ = 4,293 ≈ 5 шт

2.1.33. Действительная поверхность нагрева F_g, м^2

$$F_g = F_c \, n$$

Теплообменник первой ступени:

зима – F_g = 5,89* 2 = 11,78 м^2

лето - F_g = 5,89* 2 = 11,78м^2

Теплообменник второй ступени:

зима – F_g = 10 * 4 = 40 м^2

лето – F_g = 10 * 5 = 50 м^2

2.1.34 Запас поверхности нагрева ΔF, %

$$\Delta F = \frac{F_{g-}F}{F_g} * 100\%$$

Теплообменник первой ступени:

зима – $\Delta F = \frac{11,78 - 11,166}{11,78} * 100\% = 5,2\%$

лето - $\Delta F = \frac{11,78 - 7,379}{11,78} * 100\% = 37,3\%$

Теплообменник второй ступени:

зима – $\Delta F = \frac{40 - 39,328}{40} * 100\% = 1,68\%$

лето – $\Delta F = \frac{50 - 42,932}{50} * 100\% = 14,1\%$

Данные расчётов теплообменников сведены в таблицу 2.2

Таблица 2.2

Наименование, условное обозначение, единицы измерения	Теплообменник первой ступени		Теплообменник второй ступени	
	зима	лето	зима	лето
Кол-во Т/О, i , шт	4	4	3	3

Расход греющей воды $G_{гр}$, кг/с	3,149	1,679	11,62	18,564
Температура греющей воды на входе t_1, °С	150	120	150	120
Температура греющей воды на выходе t_2, °С	70	70	70	70
Расход нагреваемой воды G, кг/с	16,503	16,503	17,692	17,692
Температура нагреваемой воды на входе $t_{вх}$, °С	5	15	22,71	22,71
Температура нагреваемой воды на выходе $t_{вых}$, °С	20	20	74,254	74,254
Плотность воды при t_1, ρ_1, кг/м^3	916,93	945,13	916,93	945,13
Плотность воды при t_2, ρ_2, , кг/м^3	977,81	977,81	977,81	977,81
Плотность воды при $t_{вх}$, $\rho_{вх}$, кг/м^3	999,8	999,0	997,56	997,56
Плотность воды при $t_{вых}$, $\rho_{вых}$, кг/м^3	998,23	998,23	975,32	975,32
Средняя температура греющей воды $t^{ср}_{гр.в}$, °С	110	95	110	95
Средняя температура нагреваемой воды $t^{ср}_{нагр.в}$, °С	12,5	17,5	48,48	48,48
Плотность греющей воды $\rho^{\square}_{гр.в}$, кг/м^3	947,37	961,47	947,37	961,47
Плотность нагреваемой воды $\rho^{\square}_{нагр.в}$, кг/м^3	999,02	998,62	986,44	986,44
Живое сечение для прохода греющей воды $f_{гр.в}$, м^2	0,00332	0,00174	0,01226	0,0193
Живое сечение для прохода нагреваемой воды $f_{нагр.в}$, м^2	0,0066	0,00661	0,00717	0,00717
Действительная скорость греющей воды $w_{гр.в}$, м/с	0,159	0,083	0,39	0,62
Действительная скорость нагреваемой воды $w_{нагр.в}$, м/с	1,67	1,67	1,06	1,06
Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{экв}$, м	0,0214	0,0214	0,0195	0,0195
Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенкам трубок α_1, Вт/(м^2* °С)	1862,058	1051,016	3868,671	5255,76
Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде α_2, Вт/(м^2* °С)	6144,87	6466,431	5901,437	5901,437
Коэффициент теплопередачи теплообменника k, Вт/(м^2* °С)	1000,317	632,851	1635,754	1945,97
Температурный напор Δt_1, °С	130($\Delta t_б$)	100($\Delta t_б$)	75,74($\Delta t_б$)	45,74($\Delta t_м$)
Температурный напор Δt_2, °С	65($\Delta t_м$)	55($\Delta t_м$)	47,28($\Delta t_м$)	47,28($\Delta t_б$)

Средний температурный напор $\Delta t_{ср}$, °С	93,78	75,27	60,4	46,5
Требуемая поверхность нагрева F, $м^2$	11,16	7,37	39,32	42,93
Число секций подогревателя n, шт	2	2	4	5
Действительная поверхность негрева $F_д$, $м^2$	11,78	11,78	40	50
Запас поверхности нагрева ΔF, %	5,2	37,35	1,68	14,1

2.2 Выбор насосов, деаэраторов и характеристики баков (8)

2.2.1 Выбор сетевого насоса

Требуемый напор: H = 10 кгс/см2

Требуемый расход: $G_{сн}^{м.з}$ = 4363,36 т/ч

$G_{сн}^{н.х}$ = 4632,84 т/ч

$G_{сн}^{л}$ = 1925,243 т/ч

Выбираем 6 насосов марки СЭ 1250-140-11, плюс 1 в резерв

Характеристики насоса:

производительность – 1250м^3/ч

напор - 140 м.в.ст.

мощность электрического двигателя – 630 кВт.

число оборотов – 1500 об/мин

КПД – 83%

2.2.2 Выбор насоса подпиточной воды

Требуемый напор: H = 5 кгс/см2

Требуемый расход: $G_{пн}^{м.з}$ = 190,125 т/ч

$G_{пн}^{н.х}$ = 190,125 т/ч

$G_{пн}^{л}$ = 190,125 т/ч

Выбираем 3 насоса марки Д-1250-65

Характеристики насоса:

производительность – 1250 м^3/ч

напор – 65 м.

мощность электрического двигателя –22 кВт.

число оборотов – 1450 об/мин

2.2.3 Выбор рециркуляционных насосов

Требуемый напор: H = 2 кгс/см2

Требуемый расход: $G_{рн}^{м.з}$ = 0 т/ч

$G_{рн}^{н.х}$ = 432,893 т/ч

$G_{рн}^{л}$ = 365,465 т/ч

Выбираем 3 насоса марки СЭ-500-70

Характеристики насоса:

производительность – 500 м^3/ч

напор – 70 м.

число оборотов – 3000 об/мин

2.2.4 Выбор деаэраторов

Расход воды через деаэратор G =191,075 т/ч

Выбираем 2 деаэрационные колонки ДВ - 200

Характеристики:

диаметр – 1600 мм

производительность – 200 м^3/час

высота – 2670 мм

2.2.5 Характеристики баков:

Два аккумуляторных объёмом - 5000 м^3

Четыре декарбонизованой воды объемом – 400 м^3

Один рабочей воды объемом – 400 м^3

2.3 Определение часового расхода топлива водогрейных котлов

В качестве источника топливоснабжения используется природный газ со следующими характеристиками: (7)

- низшая теплота сгорания топлива $Q_p^н$ = 37,31 МДж/м^3;
- теоретический расход воздуха на сжигание V^0=9.91 м^3/м^3;
- теоретический объем продуктов сгорания $V_г^0$=11,11 м^3/м^3;
- плотность газа ρ=0,775 кг/м^3.

Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$B_р = \frac{\sum Q * 3600 * 100}{Q_p^н * \eta} \text{ м}^3/\text{ч}$$

η – КПД котла (η= 93,2 % из характеристик котла) (таблица 1.5):

В максимально зимнем режиме работы котельной:

$$B_р = \frac{405{,}876 * 3600 * 100}{37{,}31 * 93{,}2} = 42019{,}87 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В режиме наиболее холодного месяца:

$$B_р = \frac{318{,}876 * 3600 * 100}{37{,}31 * 93{,}2} = 33012{,}86 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В летнем режиме работы котельной:

$$B_р = \frac{69{,}063 * 3600 * 100}{37{,}31 * 93{,}2} = 7150{,}01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.4 Выбор схемы топливоснабжения водогрейных котлов

Природный газ из городского коллектора высокого давления по трубопроводу поступает на фильтры, с отключающей арматурой на входе и выходе.

Далее поступает на узел учета, который состоит из:

- мерного участка с большим диаметром, используемого в случае больших расходов газа;

- мерного участка с меньшим диаметром - для малых расходов газа.

Мерные участки отключаются запорной арматурой на каждой нитке в отдельности.

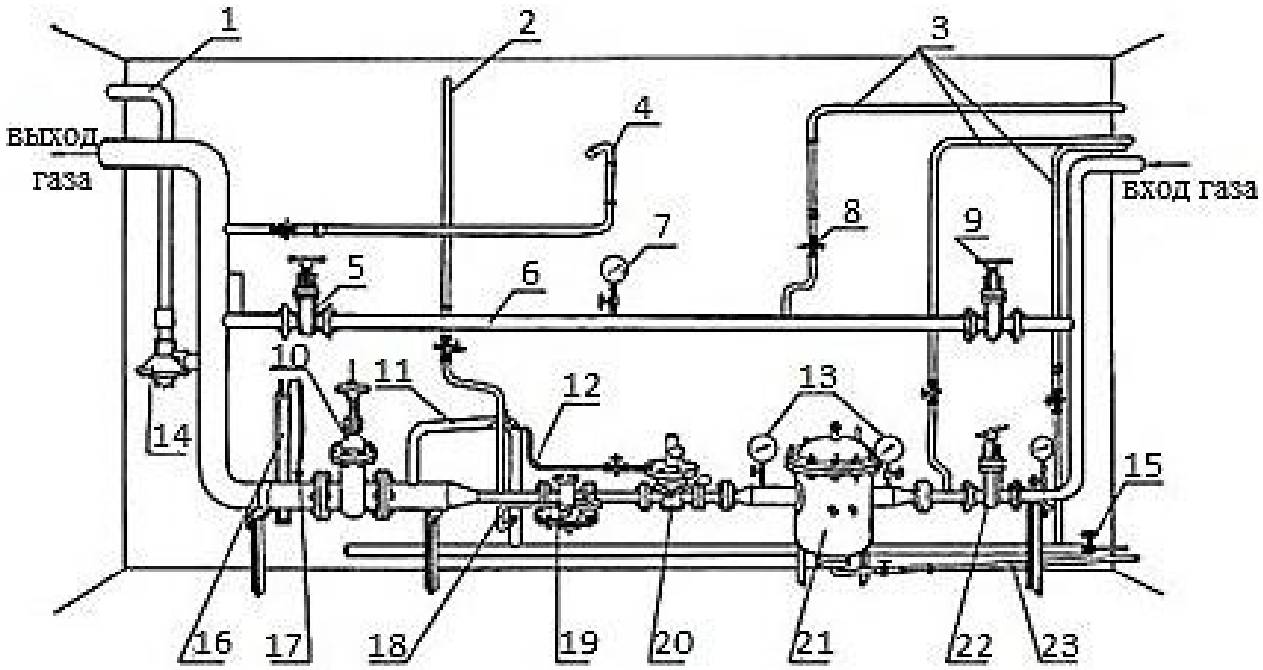


Рис. 2.1 Газорегуляторый пункт:

1,3 - сбросные свечи газорегуляторного пункта (ГРП); 2 - настроечная свеча; 4-газопровод газоснабжения котла для обогрева помещения ГРП; 5,9,10,22- задвижки; 6 - байпас; 7,13 - пружинные манометры; 8,15 - краны пробковые; 11 - импульсная трубка; 12 - импульсная трубка для ПЗК; 14 -предохранительный сбросной клапан; 16 – U-образный жидкостный манометр; 17 - кран пробковый на манометр; 18 - импульсный газопровод на регулятор; 19 - регулятор давления газа; 20 - предохранительный запорный клапан; 21 - фильтр газовый; 23 - газопровод от фильтра для слива конденсата.

После узла учета газ поступает в коллектор, который заведен в ГРП (рис. 2.1), где давление газа снижается с 12 кгс/см^2 до 1 кгс/см^2. Газ подается по четырем регулирующим ниткам. На каждой нитке регулирования по ходу газа устанавливается задвижка, регулятор давления РДУК, задвижка. В ГРП имеется байпасная линия. Газопроводы оборудованы продувочными свечами до и после регуляторов. Продувочные свечи предназначены для сброса в атмосферу газо-воздушной смеси, образующейся при удалении воздуха из газопровода и оборудования, а также для удаления газа при проведении ремонтных работ.

На коллекторе среднего давления смонтированы ПСК типа. Начало открытия ПСК при Р газа на 5% превышающее рабочее давление, при превышении Р газа на 15% ПСК открывается полностью.

Не допускается колебание давления газа на входе более 10% $Р_{раб}$. Для обеспечения нормальной работы ГРП оборудуется приборами КИП и А, которые осуществляют контроль давления до и после каждого фильтра, начальное и конечное давление газа.

Контроль давления до и после фильтров осуществляется манометрами на каждой нитке. Контроль расхода газа по газопроводам на расходомерных шайбах осуществляется специальными приборами.

Газ из ГРП, по газопроводам, поступает к горелочным устройствам. Схема газопроводов водогрейной котельной представлена на рис. 2.2:

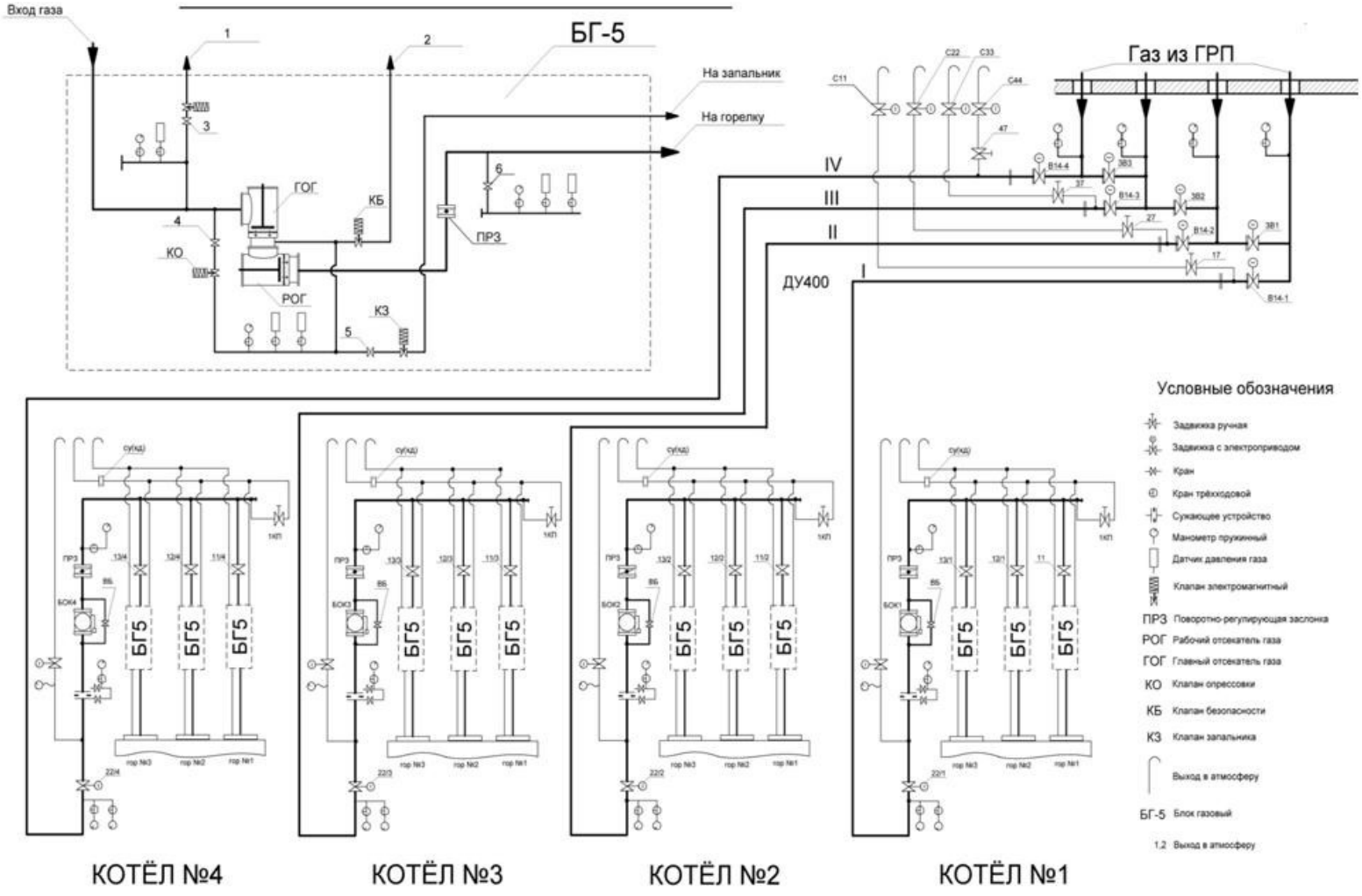


Рис. 2.2 Схема газопроводов водогрейной котельной

2.5 Расчет и выбор оборудования газовоздушного тракта

2.5.1 Выбор вентилятора

Дутьевой вентилятор выбирается исходя из объёмного расхода воздуха:

$V_{дв} = B_р * V^o (\alpha_т - \Delta\alpha_т + \Delta\alpha_{вп}) * \frac{t_{хв}+273}{273}$ м^3/ч

Где $\alpha_т$ – избыток воздуха в топке, принимаем $\alpha_т$ = 1,05 (8)

$\Delta\alpha_т$ – присос воздуха в топке, принимаем $\Delta\alpha_т$ = 0,03

$\Delta\alpha_{вп}$ – перекачка воздуха в воздухоподогревателе, принимаем $\Delta\alpha_{вп}$ = 0

$t_{хв}$ – температура холодного воздуха , принимаем $t_{хв}$ = 20C^o

V^o – теоретический расход воздуха на сжигание топлива, м^3/м^3

$V_{дв} = 42019,87 * 9,91 (1,05-0,03) * \frac{20+273}{273}$ = 455862,11 м^3/ч

На котел ставится один дутьевой вентилятор с 5% запасом по подаче воздуха. Для одного котла: (8)

$V_{дв}$ = 1,05 *455862,11 /4 = 119663,8 м^3/ч

Выбираем вентилятор марки ВДН-18

Характеристики вентилятора:

производительность – 130 тыс.м^3/час

частота вращения – 1000 об/мин

2.5.2 Выбор дымососа

Объемный расход дымовых газов перед дымососами вычисляется по формуле

$V_{дым}= B_р*[V_г^o+(\alpha-1)*V^0]* \frac{t_д+273}{273}$, м^3/ч

где α = 1,3 - коэффициент избытка воздуха согласно характеристикам котла,

$t_д$- температура газов у дымососа, принимаем $t_д$= 138 ℃

Для одного котла из четырех установленных в котельной:

$V_{дым}=(42019,87*[9,91+(1,3-1)*11,11]*\frac{138+273}{273})/4$ = 209435,97 м^3/ч

Исходя из расчета и рекомендаций завода изготовителя, выбираем дымосос марки ДН-22х2-0,62

Характеристики дымососа:

Производительность – 252 тыс. $м^3$/час

Частота вращения – 600 об/мин

2.5.3 Расчет дымовой трубы

2.5.3.1 Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы для неблагоприятных метеорологических условий и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе А

А = 120 – для европейской части центра России (7)

2.5.3.2.Максимальное количество работающих котлов Z,

из расчета тепловой схемы Z=4

2.5.3.3 Коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе F (7)

F = 1 для газообразных примесей

2.5.3.4 Плотность газа при 0 °С и 101,3 кПа $\rho_г$, кг/$м^3$

$\rho_г$ = 0,724 кг/$м^3$ (8)

2.5.3.5 Максимальный расход топлива на все котлы $B_p^{''}$, $м^3$/с

$$B_p^{''} = \frac{Q_к * 100 * Z}{Q_{нр} * \eta к}$$

$$B_p^{''} = \frac{116,3 * 100 * 4}{37,31 * 93,2} = 13,378 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.5.3.6 Предварительно принятая высота трубы h, м (9)

h = 45 м

2.5.3.7 Скорость газов на выходе из дымовой трубы w_0, м/с

w_0 = 15 м/с при h > 20 м (9)

2.5.3.8 Обьемы воздуха и продуктов сгорания при α = 1 и нормальных условиях (9):

Обьем воздуха V_o = 9,91 $м^3/м^3$

Обьем продуктов сгорания $V_г$ = 11,11 $м^3/м^3$

2.5.3.9 Коэффициент избытка воздуха α

α = 1,3 согласно характеристикам котла

2.5.3.10 Расход уходящих газов из трубы V_1, $м^3/с$

$$V_1 = B_p'' * (V г + (\alpha - 1) * V o)$$

V_1 = 13,378*(11,11+(1,3-1)*9,91)= 188,405 $м^3/с$

2.5.3.11 Температура выбрасываемых газов $T_г$, ^oC

$T_г$ = 138 ^oC – согласно характеристикам котла

2.5.3.12 Средняя температура воздуха $T_в$, ^oC (1)

$T_в$ = 20 ^oC

2.5.3.13 Разность между температурой выбрасываемых газов и средней температурой воздуха, ^oC

$$\Delta T = T_г - T_в$$

ΔT = 138 – 20 = 118 ^0C

2.5.3.14 Диаметр устья источника выброса D_o, м

$$D_o = 1,13 * (\frac{V_1}{w_0})^{0,5}$$

$D_o = 1,13 * (\frac{188,405}{15})^{0,5}$ = 4,004 м

2.5.3.15 Параметр f

$$f = 1000 * w_0^2 * (\frac{D o}{h^2 * \Delta T})$$

$f = 1000 * 15^2 * (\frac{4,004}{45^2 * 118})$ = 3,7

2.5.3.16 Безразмерный коэффициент, учитывающий условия выхода дымовых газов из устья трубы m

$$m = \frac{1}{(0,67 + 0,1 * f^{0,5} + 0,34 * f^{0,33})}$$

$$m = \frac{1}{(0,67 + 0,1 * 3,77^{0,5} + 0,34 * 3,77^{0,33})} = 0,7189$$

2.5.3.17 Параметр vм

$$vм = 0,65 * (\frac{V_1 * \Delta T}{h})^{0,33}$$

$$vм = 0,65 * (\frac{188,405 * 118}{45})^{0,33} = 5,033$$

2.5.3.18 Безразмерный коэффициент, учитывающий условия выхода дымовых газов из устья трубы n (9)

vм > 1 => n = 1

2.5.3.19 Максимальная разовая предельно допустимая концентрация окислов азота ПДК, мг/м^3 . ПДК = 0,085 мг/м^3 (10)

2.5.3.20 Количество дымовых труб N

N = 1

2.5.3.21 Минимально допустимая высота трубы h, м

$$h = \sqrt{\frac{A * M * F * m * n}{ПДК}} * \sqrt[3]{\frac{N}{V1 * \Delta T}}$$

$$h = \sqrt{\frac{120 * 28,3 * 1 * 0,7189 * 1}{0,085}} * \sqrt[3]{\frac{1}{188,405 * 118}} = 31,95 \text{ м}$$

Минимально допустимая высота трубы, при которой не достигается предельно допустимая концентрация окислов азота в приземном слое меньше 45 метров. С учетом того, что рядом могут находиться здания высотой более 15 метров (9) принимаем минимальную высоту трубы 45 метров.

РАЗДЕЛ 3 РАСЧЕТ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ВПУ

3.1 Расчет водоподготовительного оборудования

Проведем расчет ионообменного оборудования схемы глубокого умягчения воды с параллельным включением фильтров. Расчетная схема включает две ступени Н – катионирования и применяется для подготовки подпиточной воды экранированных водогрейных котлов (рис. 3.1).

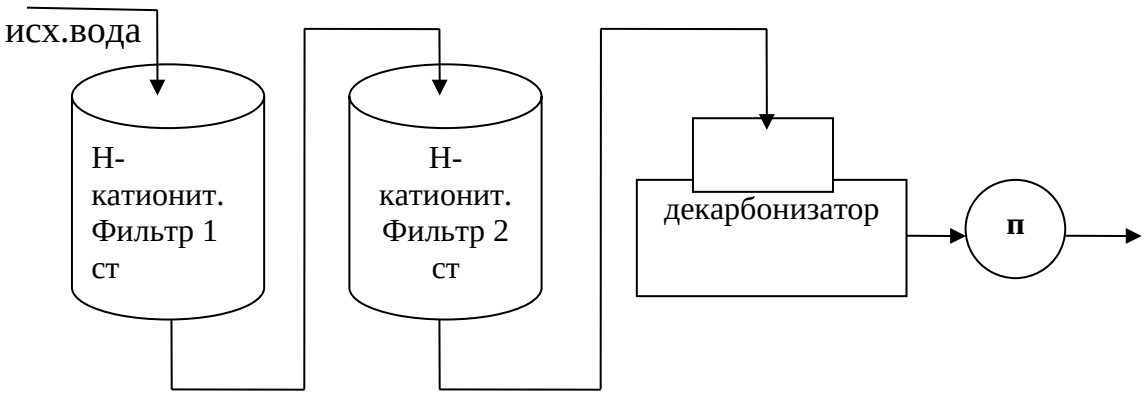


Рис. 3.1 Принципиальная схема ВПУ

Исходные данные для расчета ВПУ:

1. Производительность ВПУ $Q_{впу}$,

$Q_{впу}$ = 191,075 м^3/ч

2. Жесткость исходной воды $Ж_о$ = 4,29 мг. экв/дм^3 (1)

3. Щелочность исходной воды $Щ_о$ = 3,43 мг. экв/дм^3(1)

4. Катионит – сульфоуголь

3.2 Расчет ионообменного оборудования второй ступени Н – катионирования (буферные фильтры)

3.2.1 Требуемая площадь фильтрования второй ступени F, м^2

$$F = \frac{Q}{w}$$

$$F = \frac{191,075}{40} = 4,77 \text{ м}^2$$

3.2.2 Количество работающих фильтров n

Принимаем равным n = 3 (6)

3.2.3 Требуемая площадь фильтрования каждого фильтра f, м^2

$$f = \frac{F}{n}$$

$$f = \frac{4,77}{3} = 1,59 \text{ м}^2$$

3.2.4 Выбор фильтра

По найденной требуемой площади фильтрования выбираем 2 фильтра ФИПа II – 1,4 – 0,6 с диаметром d = 1500 мм, площадью f = 1,78 м^2, высотой слоя ионита $h_{сл}$ = 1,5 м (5)

3.2.5 Действительная скорость фильтрования $w_д$, м/ч

$$w_д = \frac{Q}{f * n}$$

$$w_д = \frac{191,075}{1,78 * 3} = 35,781 \text{ м/ч}$$

3.2.6 Расход воды на взрыхление $V_{взр}$, м^3

$$V_{взр} = \frac{i * f * T * 60}{1000}$$

где i – интенсивность взрыхляющей промывки, дм^3/(с*м^2) (i = 3) (5)

T – время взрыхления, мин. (T = 20 минут) (5)

$$V_{взр} = \frac{3 * 1,78 * 20 * 60}{1000} = 6,41 \text{ м}^3$$

3.3 Расчет ионообменного оборудования первой ступени Н – катионирования

3.3.1 Требуемая площадь фильтрования первой ступени F, м^2

$$F = \frac{Q}{w}$$

$F = \frac{191.075}{15} = 12.738$ м^2

3.3.2 Количество работающих фильтров n

Принимаем равным n = 5 (6)

3.3.3 Требуемая площадь фильтрования каждого фильтра f, м^2

$$f = \frac{F}{n}$$

$f = \frac{12.738}{5} = 2{,}545$ м^2

3.3.4 Выбор фильтра

По найденной требуемой площади фильтрования выбираем 2 фильтра ФИПа I – 2,0– 0,6 – Na с диаметром d = 2000мм, площадью f = 3,14 м^2, высотой слоя ионита $h_{сл}$ = 1,8 м (5)

3.3.5 Действительная скорость фильтрования $w_д$, м/ч

$$w_д = \frac{Q}{f * n}$$

$w_д = \frac{191{,}075}{3{,}14 * 5} = 12{,}17$ м/ч

3.3.6 Продолжительность фильтро-цикла T+∑t, ч

$$T+\sum t = \frac{f * h_{сл} * E_р * n}{Q * Ж}$$

где Т – время работы фильтра, ч

∑t – время регенерации одного фильтра, ч

Ер – рабочая обменная ёмкость катионита, мг*экв/дм^3 (Ер = 300) (5)

Ж – общая жесткость воды, поступающей на фильтр, мг*экв/дм^3 (Ж = 4,29)

$$T+\sum t = \frac{3,14*1,8*300*5}{191,075*4,29} = 10,34 \text{ ч}$$

3.3.7 Суточной число регенераций всех фильтров первой ступени m, рег/сут

$$m = \frac{24*n}{T+\sum t}$$

$$m = \frac{24*5}{10,34} = 11,61 \text{ рег/сут}$$

3.3.8 Расход 100% серной кислоты на одну регенерацию G, кг

$$G = f * h_{сл} * b$$

где b – удельный расход 100% серной кислоты на регенерацию, кг/м^3 (b = 14,7) (5)

G = 3,14 * 1,8 * 14,7 = 83,08 кг

3.3.9 Суточный расход технической серной кислоты на регенерацию всех фильтров первой ступени $G_{сут}$, кг

$$G_{сут} = \frac{G*m}{c}$$

где c – содержание серной кислоты в технической кислоте, (c = 0,98) (5)

$$G_{сут} = \frac{83,08*11,61}{0,98} = 984,243 \text{ кг}$$

3.3.10 Расход воды на взрыхление $V_{взр}$, м^3

$$V_{взр} = \frac{i*f*T*60}{1000}$$

где i – интенсивность взрыхляющей промывки, дм^3/(с*м^2) (i = 3) (5)

T – время взрыхления, мин. (T = 20 минут) (5)

$$V_{взр} = \frac{3*3,14*20*60}{1000} = 11,304 \text{ м}^3$$

3.3.11 Расход воды на приготовление регенерационного раствора кислоты $V_{р.р.}$, м^3

$$V_{р.р.} = \frac{G*100\%}{C\,р.р.*\rho.*1000}$$

где $C_{р.р.}$ – концентрация регенерационного раствора соли, % ($C_{р.р.}$ = 1,5) (5)

ρ. – плотность регенерационного раствора, кг/дм^3 (ρ. = 1) (5)

$$V_{р.р.} = \frac{83{,}08 * 100\,\%}{1{,}5 * 1 * 1000} = 5{,}53 \text{ м}^3$$

3.3.12 Расход воды на отмывку $V_{отм}$, м^3

$$V_{отм} = f * h_{сл} * a$$

где а – удельный расход воды на отмывку, м^3/м^3

$V_{отм}$ = 3,14 * 1,8 * 5 = 28,26 м^3

3.3.13 Суммарный расход воды на регенерацию $\sum V$, $м^3$

$$\sum V = V_{взр} + V_{р.р.} + V_{отм}$$

$\sum V$ = 11,304 + 5,53 + 28,26 = 45,094 м^3

3.3.14 Часовой расход воды на собственные нужды первой ступени $q_{сн}$, м^3/ч

$$q_{сн} = \frac{m * \sum V}{24}$$

$$q_{сн} = \frac{11{,}61 * 45{,}094}{24} = 21{,}814 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3.3.15 Суммарный расход воды на регенерацию с учетом взрыхления буферных фильтров $\sum V'$, $м^3$

$$\sum V' = \sum V + V_{взр}^{буф} = 45{,}094 + 6{,}41 = 51{,}504 \text{ м}^3$$

3.3.16 Часовой расход воды на собственные нужды ХВП $q_{общ}$, м^3/ч

$$q_{общ} = \frac{m * \sum V'}{24}$$

$$q_{общ} = \frac{11.61 * 51.504}{24} = 24{,}915 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3.4 Расчет объема бака мерника

Для регенерации одного фильтра требуется 83,08 кг концентрированной серной кислоты.

Выбираем два бака-мерника объемом - 0,6 м^3.

Выбор баков для хранения кислоты.

Определяется размером автомобильной цистерны. Выбираем три бака для хранения кислоты объемом – 16 м^3.

РАЗДЕЛ 4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
ВОДОПОДГОТОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Н-КАТИОНИРОВАНИЯ С «ГОЛОДНОЙ» РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

4.1 Описание процесса Н-катионирования с «голодной» регенерацией.

Водород-катионитные фильтры в схеме «голодной» регенерации фильтров предназначены для разрушения бикарбонатного иона со снижением карбонатной жесткости (щелочности) до 0,7-1,5 мкг-экв/дм^3. Обработка исходной воды на водород-катионитном фильтре происходит при ее фильтрации через слой катионита, заряженного катионом H^+. Способность катионита поглощать из воды удаляемые ионы называют его обменной способностью. Когда в катионите истощаются катионы H^+, его подвергают регенерации для восстановления его обменной способности. При «голодной» регенерации расход реагента (кислоты) соответствует теоретическому или несколько меньше.

Катионит, работающий по схеме Н-катионирования, обозначается символом HR, где Н - обменивающийся ион, а R- нерастворимый в воде комплекс катионита. В процессе фильтрования воды через слой катионита, заряженного H^+ ионами после «голодной» регенерации, протекают следующие реакции:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HR \rightarrow CaR_2 + 2CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2HR \rightarrow MgR_2 + 2CO_2 + H_2O$$

$$CaSO_4 + 2HR \rightarrow CaR_2 + H_2SO_4$$

$$MgCl_2 + 2HR \rightarrow MgR_2 + 2HCl$$

$$NaCl + HR \rightarrow NaR + HCl$$

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$$

В ходе этих реакций в верхних слоях катионита в обрабатываемой воде поглощаются все катионы (**Ca^{2+} , Mg^{2+}, Na^{+})** с заменой их эквивалентным количеством ионов H^{+} , выделившиеся ионы H^{+} разрушают карбонатную жесткость с образованием свободной углекислоты. Происходит снижение не только жесткости, но и щелочности и общего солесодержания в результате распада бикарбонатов.

При «голодной» регенерации применяют слабокислотные катиониты, которые при снижении значения pH меньше семи резко снижают скорость ионного обмена. Небольшая кислотность фильтрата нейтрализуется в результате прохождения слоя неотрегенерированного катионита в нижней части фильтра, ионы водорода сильных минеральных кислот обмениваются на ионы Ca^{2+}, Mg^{2+},Na^{+}. Фильтрат остается щелочным.

$$CaR_2 + 2HCl \rightarrow 2HR + CaCl_2$$

$$MgR_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HR + MgSO_4$$

$$2NaR + HCl \rightarrow HR + NaCl$$

Слабая угольная кислота, диссоциация которой в присутствии сильных кислот подавлена (CO_2 находится в виде растворенного в воде газа), значительную часть не регенерированного слоя проходит «транзитом» и обменивает некоторое количество ионов водорода уже в самых нижних слоях. Постепенно количество ионов водорода в объеме катионита уменьшается, одновременно происходит перемещение некоторой их части из вышележащих в нижележащие слои. К моменту выключения фильтра на регенерацию Н-ионы расходуются полностью. Фильтрат после Н-катионитного фильтра, обработанного «голодным» количеством кислоты, имеет заданную режимом остаточную щелочность и жесткость. Остаточная щелочность зависит от содержания в исходной воде солей натрия, анионного состава этой воды и дозы кислоты, используемой для регенерации. При этом могут иметь место значительные колебания щелочности в течение фильтроцикла. Для устранения

колебания щелочности фильтрата и предотвращения появления кислого фильтрата в схеме предусмотрены буферные саморегенерирующиеся фильтры.

После срабатывания катионита его обменную способность восстанавливают путем пропуска через катионит раствора серной кислоты, т. е. подвергают регенерации.

4.2 Регенерация водород-катионитных фильтров

Регенерация фильтров состоит из трех последовательных операций:

1.Взрыхление;

2.Пропуск реагента;

3.Отмывка.

4.2.1 Взрыхление

Взрыхление катионита проводится перед пропуском регенерационного раствора кислоты с целью разрыхления слежавшейся массы уплотненного катионита, что обеспечивает более свободный доступ регенерационного раствора к зернам катионита. Одновременно происходит удаление из фильтра накапливающихся в слое катионита мелких частиц, вносимых как с исходной водой, так и образующихся вследствие постепенного измельчения катионита в процессе работы. Интенсивность взрыхления должна обеспечить приведение во взвешенное состояние всей массы ионитного материала.

Взрыхление производится током воды снизу вверх , которая подается в фильтр через нижнее дренажное устройство насосом из бака взрыхления, предварительно заполненного последними слабоминерализованными порциями отмывочной воды, или из линии исходной воды.

Взрыхление производится до полного осветления сбрасываемого потока и требует неотступного внимания обслуживающего персонала во избежание выноса рабочих быстрооседающих зерен катионита в дренаж (отбор пробы сбрасываемой воды осуществляют с интервалом 2-3 мин.). При взрыхлении недопустимо полностью опорожнять бак взрыхления, так как произойдет засасывание воздуха в толщу загрузки фильтра, что нарушит гидродинамику последнего.

4.2.2 Пропуск реагента

Восстановление ионообменной способности катионита осуществляется путем пропуска через катионит раствора серной кислоты. При регенерации катионита протекают следующие реакции:

$$CaR_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HR + Ca\ SO_4$$
$$MgR_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HR + Mg\ SO_4$$

Для восстановления ионообменной способности катионита, используется 1-2% раствор серной кислоты (концентрация раствора серной кислоты не должна быть более 2%, в противном случае может произойти выделение твердой фазы сульфата кальция на зернах катионита - его «загипсовывание».

Количество концентрированной серной кислоты для проведения регенерации определяется по баку-мернику в соответствии с режимной картой и расчетной таблицей.

Скорость пропуска регенерационного раствора - 10 м/ч. Не допускается пропускать регенерационный раствор со скоростью менее 8 м/ч, так как возникает возможность загипсовывания катионита и увеличивается продолжительность регенерации.

Обменная способность катионита - величина, зависящая от режима эксплуатации и регенерации. Продолжительность работы фильтра между двумя регенерациями (фильтроцикл) зависит от качества исходной воды, скорости фильтрации воды и обменной емкости катионита.

Продукты регенерации не являются кислыми и сбрасываются в дренаж или при наличии утилизационной установки направляются в баки-регенераторы (кристаллизаторы).

4.2.3. Отмывка

Эта операция проводится для удаления из катионита продуктов регенерации. Отмывка должна производиться сразу же после пропуска регенерационного раствора во избежание опасности загипсовывания

катионита. Скорость при отмывке устанавливается равной 10м/ч. Увеличение скорости более 13м/ч приводит к повышению расхода воды на эту операцию, при скорости менее 8м/ч появляется опасность загипсовывания.

Отмывка считается законченной при $Ж_{общ}$ фильтрата равной $Ж_{общ}$ исходной воды.

При возможности, с целью экономии воды на собственные нужды, последние порции отмывочной воды следует направлять в бак взрыхления.

По окончании отмывки отрегенерированный фильтр включают в работу или выводят в резерв.

4.2.4 Нахождение фильтра в резерве

В резерве фильтр находится заполненный водой, при этом давление в нем снимается через воздушник.

4.3 Эксплуатация буферных фильтров

4.3.1 Описание работы буферного фильтра

Для устранения колебания щелочности и предотвращения появления кислого фильтрата схема водород-катионирования с «голодной» регенерацией фильтров осуществляется в две ступени, для чего после водород-катионитных фильтров устанавливаются буферные саморегенерирующиеся фильтры с высотой слоя сульфоугля, как правило, 2 м и скоростью фильтрования до 40 м/ч.

Буферные фильтры как бы увеличивают нерегенерируемый слой водород-катионитного фильтра, предохраняя фильтрат от «проскоков» кислоты, создают большую надежность работы установки, обеспечивая при этом более полное использование обменной емкости катионита.

В буферном фильтре устанавливается равновесие между катионитом и щелочно-кислотными составляющими фильтруемой воды. Это равновесие выражается обратной химической реакцией:

$$Ca(HCO_3)_2^- + 2HR <=> 2H_2CO_3$$

Часть сульфоугля в фильтре будет находиться в водородной форме, а часть - в кальциевой или магниевой.

Когда вода, поступающая в фильтр, имеет остаточную щелочность больше величины, соответствующей равновесному состоянию, реакция сдвигается вправо. При этом происходит разрушение части бикарбонатных ионов и образуется свободная углекислота, т.е. в реакции участвует только та часть катионита, которая находится в Н-форме:

$$Ca(HCO_3)_2^- + 2HR \rightarrow CaR_2 + 2H_2CO_3$$

$$2HCO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

Жесткость Н-катионированной воды при этом снижается. При поступлении на буферный фильтр воды со щелочностью (кислотностью) более низкой, чем это

соответствует равновесному состоянию, происходит обратный процесс, т.е. реакция равновесия сдвигается влево, что сопровождается поглощением углекислоты и образованием бикарбонатов кальция и магния:

$$CaR_2 + 2H_2CO_3 \rightarrow 2HR + Ca(HCO_3)_2$$

Угольной кислоты при этом поглощается ровно столько, сколько ее находится в воде сверх средней величины, отвечающей равновесному состоянию. Жесткость Н-катионированной воды при этом возрастает.

Щелочность фильтрата, получаемого с равновесного буферного фильтра в целом определяется отношением величин Н- и (Ca + Mg) - слоев в фильтре, которые устанавливаются в соответствии со среднединамической кислотно-щелочной характеристикой воды, поступающей на фильтр, и, следовательно, задается режимом работы Н-фильтров.

Буферный фильтр не изменяет степени нейтрализации, а усредняет ее за длительный промежуток времени и сглаживает все резкие колебания, кратковременно возникшие в процессе эксплуатации Н-катионитных фильтров.

К буферным саморегенерирующимся фильтрам не допускается подвода регенерационных растворов (на штуцер фильтра ставится заглушка), взрыхление их производиться жесткой исходной водой. Кроме того, получение постоянной величины щелочности после водород-катионитных фильтров, работающих при «голодном» режиме регенерации, достигается путем составления при наладке соответствующего графика совместной работы и регенерации установленных фильтров.

4.3.2 Эксплуатация буферных фильтров.

Порядок проведения операций при обслуживании буферных фильтров во время их эксплуатации.

Полный рабочий цикл буферного фильтра состоит из двух операций: взрыхления и фильтрации.

Фильтрация Н- катионированной воды осуществляется сверху вниз. Допустимая скорость фильтрования Н-катионированной воды через буферный фильтр - 40 м/ч.

Контроль за работой фильтра следует осуществлять в соответствии с режимной картой. Для отбора проб предусмотрены пробоотборники на входе обрабатываемой воды в фильтр и выходе фильтьтрата из него.

Взрыхление производится током воды снизу вверх , которая подается в фильтр через нижнее дренажное устройство из линии исходной воды.

Операция взрыхления производится один, раз в 15 суток или при повышении гидравлического сопротивления фильтра до 0,9-1,6 кгс/см^2. Скорость взрыхления 11-12 м/ч. Продолжительность взрыхления обычно 30-60 минут. Взрыхление производится до полного осветления сбрасываемого потока и требует неотступного внимания обслуживающего персонала во избежание выноса рабочих быстрооседающих зерен катионита в дренаж (отбор пробы сбрасываемой воды осуществляют с интервалом 2-3 мин.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом разделе выпускной квалификационной работы была выбрана и рассчитана тепловая схема отопительной котельной для городского округа Черноголовка для трех основных режимов: период максимальной нагрузки (зимний режим), наиболее холодного месяца и летнего. В результате расчета было выбрано основное оборудование и необходимые расходы воды на собственные нужды, для бесперебойного функционирования предприятия. По результатам расчета выбраны котлы КВ-ГМ-100 в количестве четырех штук.

Во втором разделе произведен расчет и выбор теплообменного оборудования первой (сырой воды) и второй (химводоочищенной) ступеней подогрева воды. По необходимым расходам и давлению выбраны насосы и деаэраторы. Рассчитан расход топлива для трех основных режимов, определена схема топливоснабжения. На основе расчета произведен выбор оборудования газовоздушного тракта котла, вентиляторов, дымососов, а также высоты дымовой трубы необходимой для обеспечения экологической безопасности производства в данном регионе.

В третьем разделе рассмотрены вопросы водоподготовительного оборудования. На основе показателей качества исходной воды характеризующейся повышенным содержанием жесткости и щелочности, была выбрана схема Н-катионитной очистки воды с «голодной» регенерацией. Схема состоит из двух ступеней Н-катионирования и деаэрации. Были рассчитаны, расходы воды на собственные нужды ВПУ и необходимое количество серной кислоты на регенерацию всех фильтров в сутки. На основе полученных данных выбраны баки мерники, для осуществления процесса регенерации, и баки для хранения кислоты.

В четвертом разделе рассмотрена специальная часть проекта, тема которой - водоподготовка с использованием Н-катионирования с «голодной» регенерацией. Описан процесс работы, порядок эксплуатации и проведения регенерации обеих ступеней Н-катионирования.

Учитывая все вышеперечисленные факторы можно сделать заключение о целесообразности строительства данной котельной мощностью 400 МВт с котельными агрегатами КВГМ-100, с водозабором из реки Пруженка городского округа Черноголовка на газовом топливе, так как она удовлетворяет всем требованиям и способна эффективно работать без больших финансовых затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23.01-99. Строительная климатология. - М.: Минстрой России,1997.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Госстрой России, 2003.
3. СНиП 41.02-2003. Тепловые сети. – М.: Госстрой России, 2004.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: Издательство МЭИ, 1999.
5. Водоподготовка и водный режим энергообьектов низкого и среднего давления: Справочник/ Ю.М. Кострикин, Н. А. Мещерский, О. В. Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – 2-е издание, стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
7. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. Справочник/ Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергия, 1980.
8. Методические указания к выполнению дипломного проекта “Расчет тепловых схем котельных с паровыми и водогрейными котлами для закрытой системы теплоснабжения”. – Иваново, МЗЭТ ГОУ СПО ИЭК, 2008.
9. Аэродинамический расчет котельных установок. Нормативный метод/ Под редакцией С.И. Мочана. –Л.: Энергия, 1977.
10. Методика расчета концентраций в амтосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86 Госкомгидромет.
11. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций: Учебник для техникумов. 3-е изд., переработано М-Энергоатомиздат, 1986.
12. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок (утв.приказом Минэнерго РФ от 24 марта 2003 г. N 115).
13. ГОСТ 16860-88 Деаэраторы термические. Москва 1990.
14. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. С.Л. Ривкин, А.А. Александров, 1984.