

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
«Инженерные системы зданий и сооружений»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой

Матюшенко А.И.
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01. «Строительство»
код - наименование направление

Водоснабжение ТЭЦ
тема

Пояснительная записка

Руководитель _____ доцент, к.т.н. Т.Я. Пазенко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Д.В. Шульгин
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтроль _____ Т.Я. Пазенко.
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Водоснабжение ТЭЦ» содержит страниц текстового документа, использованных источников, 5 листов графического материала.

ТЭЦ, ВОДОЗАБОР, СКВАЖИНА, КАТИОНИТОВЫЕ ФИЛЬТРЫ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ, ХЛОРИРОВАНИЕ, НАСОСЫ, ВОДОПРОВОД.

Объект - ТЭЦ расположенная на территории Красноярского края

Цель работы:

- определение водопотребление ТЭЦ;
- расчет и проектирование станции умягчения воды;
- расчет и проектирование водозаборных сооружений;
- расчет реагентного хозяйства;
- расчет декарбонизатора;
- расчет и проектирование хлораторной;
- оценка воздействия схемы подготовки хозяйственно-питьевой воды и воды для подпитки тепловой сети на окружающую среду.

В результате проведенной работы был определен тип водозаборного сооружения, его размеры и подобрано насосное оборудование, рассчитаны и запроектированы фильтры для умягчения воды. Для повышения уровня безопасности существующей хлораторной установки предусмотрено применение хлораторов «АДВАНС» фирмы «ВЭДЭКО-КФТ» (Венгрия), имеющие разрешение Госгортехнадзора РФ. Дана оценка воздействия проектируемого объекта на природную окружающую среду.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Сведения о районе строительства.....	5
1.1 Сведения о районе строительства.....	5
2. Расчет и проектирование водозаборных сооружений.....	18
2.1 Расчет и проектирование скважинного водозабора.....	18
3. Подготовка воды ТЭЦ.....	22
3.1. Выбор схемы для обработки подпиточной воды теплосети.....	22
3.2. Расчет технологической схемы.....	26
3.2.2. Н-катионитовые фильтры II ступени буферные.....	27
3.2.3. На-катионитовые фильтры I ступени.....	31
3.2.4. Декарбонизаторы.....	37
3.2.5. Узел подщелачивания.....	39
3.3. Расчет реагентного хозяйства.....	40
3.4. Назначение и характеристика хлораторной установки.....	44
3.5. Технологическая схема подачи хлора.....	45
3.6. Технологическая схема движения воды в схеме хлорирования.....	48
3.7. Назначение реконструкции хлораторной установки.....	49
3.8. Характеристики вновь вводимого оборудования.....	50
4. Оценка воздействия схемы подготовки хозяйственно-питьевой воды и воды для подпитки тепловой сети на окружающую среду.....	54
4.1. Оценка эффективности проектной абсорбционной установки поглощения аварийных выбросов хлора (санитарной колонны - скруббера) и возможные варианты реконструкции системы дегазации загазованного воздуха при ава- рийных ситуациях.....	59
4.2. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений.....	66
Заключение.....	71
Список используемых источников.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Тепловые электростанции вырабатывают до 80% всей потребляемой электроэнергии и являются крупными потребителями воды. Так как транспортирование электроэнергии на значительное расстояние приводит к дополнительным затратам, на энергоемких предприятиях, например, металлургических, нефтеперерабатывающих, химических (и др.) имеются свои тепловые электрические станции.

Теплоэлектростанции оборудуются тепловыми установками, вырабатывающими электрическую энергию. Такие станции, обслуживающие заводы, группы предприятий или города и снабжающие их не только электроэнергией, но также паром и горячей водой называются теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). На ТЭС и ТЭЦ имеются устройства для транспорта и подогрева топлива перед сжиганием, котельные установки, паровые турбины, приводящие в действие электрогенераторы и имеющие устройства для отбора пара с целью использования его на технологические нужды и отопление. Электрогенераторы преобразуют механическую энергию в электрическую. На ТЭЦ большая часть пара после турбин поступает не в конденсаторы, а направляется в бойлеры-аппараты для приготовления горячей воды, поступающей в сеть теплофикаций и горячего водоснабжения.

Основное количество воды на ТЭС используется для выработки пара и охлаждения конденсаторов паровых турбин. Кроме того, вода потребляется на охлаждение в воздухо- и газоохладителях, используется для охлаждения подшипников и гидозолоудаления.

При использовании в конденсаторах и других теплообменных аппаратах закрытого типа вода не загрязняется, а только нагревается. В зимний период количество поступающего в конденсаторы пара сокращается, и водопотребление их снижается на 30-50% от летнего периода.

1. Сведения о районе строительства

1.1 Сведения о районе строительства

В выпускной квалификационной работе рассмотрено водоснабжение ТЭЦ расположенной на территории Красноярского края.

Климатические условия.

Климат района резко континентальный: зима суровая, лето непродолжительное, но жаркое.

Среднегодовая температура воздуха плюс 0,5°С, среднемесячная температура воздуха в январе минус 17,1 °С, в июле плюс 22,5°С. Средняя годовая относительная влажность воздуха 69%, максимальная в декабре - феврале 75 %, минимальная в апреле - июне 55%. Средняя годовая скорость ветра 3,5 м/с, отмечается усиление ветра весной до 4,6 м/с, поздней осенью до 4,1м/с, в начале зимы до 4,2 м/с.

Геологические условия.

Расположения промышленной площадки ТЭЦ - высокая пойменная и надпойменная терраса реки. Рельеф террас ровный, с абсолютными отметками поверхности соответственно 130-138 м и 142-147 м. Грунт - супесь. Грунтовые воды безнапорные находятся в тесной гидравлической связи с рекой, залегают на глубине от 0,5 до 13,0 м. По химическому составу гидрокарбонатно-кальциевые. Глубина проникновения нулевой температуры в грунт составляет от 1,9 м до 2,8 м.

Основные технологические процессы.

- забор сырой воды (подрусловые скважины реки);
- сжигание Ирша-Бородинского угля в водогрейных котлах КВТК-100-150 ст. №1, 2, 3, 4;
- сжигание мазута в водогрейных котлах ДЕ-25-14-225 ГМ ст. № 3, 4, 5;
- выработка и передача тепловой энергии в виде пара и горячей воды;
- удаление и хранение золошлаковых отходов.

В административно-технический состав ТЭЦ входят следующие цеха, которые расположены на территории промышленной площадки: КЦ - котельный цех; ХЦ - химический цех; АТЦ - автотранспортный цех; ЭЦ - электрический цех; ТТЦ - топливо-транспортный цех; АСУТП- цех автоматической системы управления тепловыми процессами; УАСДТУ - связь; ОМТС - отдел материально-технического снабжения; локомотивное депо; управление; медпункт; столовая.

На территории предприятия имеется:

- закрытое маслوماзутное хранилище (ММХ);
- система наружного пожаротушения - пожарные гидранты;
- золоотвал для складирования и хранения золошлаковых отходов и нефилтрующий шламонакопитель;
- очистные сооружения промливневых стоков и маслوماзутосодержащих стоков.

ТЭЦ готовит воду для отопления и горячего водоснабжения жилищно-коммунального сектора города и водопользователей, расположенных на территории станции.

Режим работы предприятия круглосуточный 365 дней в году, 24 часа в сутки.

Водопотребление ТЭЦ.

Источником водоснабжения ТЭЦ является собственный подрусловый водозабор инфильтрационного типа, расположенный на острове.

Усредненные характеристики качества исходной воды представлены в таблице 1.

Водозаборные сооружения инфильтрационного типа производительностью 3000 м³/час представляют собой 19 скважин глубиной до 14 метров, соединенных сифонными водоводами с водоприемными колодцами насосных станций 1-подъема №1 и №2. Из водоприемных колодцев насосных станций 1-подъема центробежными насосами (6 шт) по напорным водоводам вода подается в резервуары сырой воды (РСВ №1,2) объемом по 6000 м³ каждый, распо-

ложенных на территории насосной станции 11 - подъема. Качество исходной воды представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Качество исходной воды.

№ п/п	Наименование показатели	Ед. измерения	ПДК	Содержание
1	Запах	балл	2	1
2	Привкус	балл	2	1
3	Цветность	градус	20	4,45
4	Мутность	$\frac{\text{мг/дм}^3}{3}$	1,5	0,68
5	Водородный показатель рН	ед.	6-9	7,5
6	Остаточный хлор	мг/дм ³	0,3^0,5	0,32
7	Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	5,0	1,23
8	Нитраты	мг/дм ³	45	1,43
9	Жесткость общая	мг-экв/дм ³	7,0	1,63
10	Жесткость кальциевая	мг-экв/дм ³	1,37	1,34
11	Щелочность общая	мг-экв/дм ³	-	1,38
12	Хлориды	мг/дм ³	350	4,24
13	Сульфаты	мг/дм ³	500	6,24

Для предотвращения биологический обрастаний системы водоснабжения и обеззараживания хозяйственной воды применяется хлорирование воды, которое производится на хлораторной установке, расположенной на территории насосной станции 11 -подъема. Часть воды от хозяйственного водопровода поступает на хлораторную установку, хлорируется и уже хлорная вода подается в резервуары сырой воды, где перемешивается с основным количеством воды. Далее хлорированная вода с содержанием остаточного хлора 0,3-0,5 мг/дм³ из резервуаров насосами хозяйственной воды (5 шт) по двум напорным водоводам подается на пиковую водогрейную котельную (ПВК) в подогреватели сырой воды, где подогревается до температуры $25 \pm 1^\circ\text{C}$ и подается по двум трубопроводам в здание объединенного вспомогательного корпуса (ОВК) на водоподготовительную установку (ВПУ), предназначенную для подготовки воды для подпитки теплосети с открытым горячим водоразбором. После ВПУ ОВК вода по двум трубопроводам вновь подается на ПВК в деаэраторы для удаления кислорода и остаточного содержания углекислого газа.

Продолжение таблицы 2

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7.ПВК - заполнение гидрозатворов, пробоотборные точки		Факт. эксл.	396,0	365	144,54	144,54	-	-	-	44,54	-	100,0 в систему ГЗУ
8.ПВК - про-мывка котлов		Проект	(8,22)	365	3,0	3,0	-	-	-	-	-	3,0 в систему ГЗУ
9.ПВК - пред-пусковое щелочение котлов		"	(3,068)	365	1,12	1,12	-	-	-	-	1,12	-
10. ПОК- под-питка котлов		Факт. эксл.	250,0	365	91,25	**91,25	-	-	80,665	10,585	-	-
11. ПОК -про-дувка котлов (периодическая и непрерывная)		Факт. эксл.	126,0	365	45,99	45,99				45,99		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12. ПОК - пробо-отборные точки		Факт. эксл.	36,0	365	13,140	13,140	-	-	-	13,140	-	-
13. ПОК - от-пуск пара		Факт. эксл.	36,0	365	13,140	13,140	-	-	-	-	-	13,140 тыс. т/год - пар потребителю
14. Система ГЗУ	Проект		8998,55	365	3284,47	.	2684,58	599,89	"599,89	-	.	.
ИТОГО			48488,118	365	17698,163	13084,503	2684,58	1929,09	720,107	1947,68	1,12	-

- 394,2 - расход на собственные нужды ВПУ ПОК

- (. . . .) - условная величина среднесуточной потребности для расчета водного баланса.

- ** 91,25 тыс. т/год - расход пара на собственные нужды: на паровые эжекторы, разогрев мазута, пароспутники мазутопровода, паровую подушку аккумуляторных баков - принят исходя из опыта эксплуатации, из них 221,0 м³/сут (80,665 тыс. м³/год) потери с паром, 29,0 м³/сут. (10,585 тыс. м³/год) направляются на ОС ПЛС.

-** 599,89 тыс. м³/год - общие потери в систему ГЗУ (на испарение при гашении шлака и с поверхности золоотвала, фильтрацию, поглощение пор ЗШМ за вычетом на поверхность золоотвала) - проект.

Затем вода поступает в баки-аккумуляторы (4 шт) объемом по 5000 м³ каждый и насосами разгрузки аккумуляторных баков (5 шт) вода подается в трубопровод обратной сетевой воды, смешивается с обратной сетевой водой и сетевыми насосами (4 шт) подается в водогрейный котел КВТК-100-150 (4 шт), где подогревается до необходимых температур (в зависимости от графика несения тепловых нагрузок) и поступает в трубопровод прямой сетевой воды через тепловое распределительное устройство (ТРУ) потребителю.

Система водоснабжения обеспечивает:

- производственные нужды станции и абонентов;
- хозяйственно-питьевые нужды станции и субподрядных организаций;
- противопожарные нужды.

Фактический среднегодовой объем водозабора составляет 13740,0 тыс. м³/год.

Объем переданной воды на производственные нужды - 26,28 тыс. м³/год.

Объем переданной воды на хозяйственно-питьевые нужды - 96,33 тыс. м³/год.

Расчет годовых объемов водопотребления и водоотведения.

Расчет объемов водопотребления на технологические нужды, а также охлаждение механизмов оборудования основного производства выполнен по установившимся фактическим нормам расхода воды на отдельные технологические операции и производственные процессы в целом за предшествующий 3-х летний эксплуатационный период, в соответствии с проектом и техническими паспортами на оборудование.

Расчет объемов водопотребления и водоотведения на хозяйственно-питьевые нужды выполнен в соответствии со СП 31.13330.2012.

Расчет годовых объемов потребления и водоотведения на нужды основного производства представлены в таблице 2.

Вспомогательные и подсобные производства предприятия.

К вспомогательным и подсобным производствам относятся: компрессорная, автотранспортный цех, локомотивной депо, пожарное депо, масломазутное

хозяйство и другие подразделения, не участвующие непосредственно в производстве продукции. Кроме того, к расходам воды на вспомогательные нужды относятся расходы на гидроуборку производственных площадей, гидрообеспыливание, полив территории в летнее время и др.

Расходы воды на вспомогательные и подсобные производства приняты по данным службы эксплуатации и проектно-технической документации в соответствии с РД 34-02.401. На эти нужды используется вода системы водоснабжения ТЭЦ. Суммарный среднегодовой расход воды на нужды вспомогательных и подсобных производств составляет 37,468 м³ в час, 899,23 м³ в сут, 328,219 тыс. м³ в год.

Сточные воды в количестве 13,342 тыс. м³ в год направляются на повторное использование - восполнение потерь в систему ГЗУ, в количестве 171,18 тыс. м³ в год - на очистные сооружения промливневых стоков, замазученные стоки в объеме 2,63 тыс. м³ в год - на очистные сооружения маслосодержащих стоков и далее в нефилтрующий шламонакопитель.

Расход воды на обводнение мазута при его сжигании, аспирацию, обеспыливание производственных помещений, полив территории и зеленых насаждений в количестве 22,067 тыс. м³ в год относится к безвозвратным потерям.

Хозяйственно-питьевые нужды ТЭЦ

К расходам на хозяйственно-питьевые нужды ТЭЦ относятся расходы воды на бытовые нужды работающих в цехах и административном здании станции,

На хозяйственно-питьевые нужды используется вода от подруслового водозабора общей системы водоснабжения ТЭЦ.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды представлен в таблице 3 и определен согласно СП 31.13330.2012.

Таблица 3 - Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды.

№ п/п	Потребители	пз' о м о я а н м ^а е ^н р ^о л ^б н р ^е т	р ^о п и о л сч б и л о к	д ^с / й г ^о , з з н з д т ^о и ^н у н л. с е ^а о х р с	Примечание.
1	2	3	4	5	6
1	Руководство, ИТР, служащие	0,016	180	2,88	
2	Рабочие горячих цехов	0,045	226	1017	
3	Рабочие осталь ^т ных цехов	0,025	148	3,70	
4	Душевые (сеток)	0,8*3 см	145	163,126	0,5 м ³ /смену из расчета 72 л/час в тече- ние 24ч
5	Питьевые фон ^т танчики (шт.)	1,728	10	17,28	
6	Столовая (кол-во блюд)	0,016	2000	32,0	
7	Приготовление пищи сменному персоналу	0,016	2500	40,0	
8	Медпункт	0,015	24	0,36	
9	Приборы санитар ^т ной и хим. лабора ^т тории (шт)	0,0224	126	28,224	Из расчета 224 л. в су- тки на 1 при- бор
10	Бассейн	187,0	1 бас.	187,0	187,0 - су- точный при- ток через бассейн
11	Пополнение	6,0	1 бас.	76,0	Из расчета 10% емкости бассейна (объем бас ^т сейна 760 м ³)
Итого				560,74	

Всего на хозяйственно-питьевые нужды ТЭЦ необходимо $(560,74 + 263,92 = 824,66)$ м³/сут.; 34,36 м³/час.; 301 тыс. м³/год.

Результаты расчетов годовых объемов водопотребления и водоотведения по направлениям водопользования сведены в таблицу 5.

По результатам расчета составлена балансовая схема водоснабжения ТЭЦ.

Расчет индивидуальных балансовых норм водопотребления и водоотведения.

Расчет выполнен на среднегодовой выпуск продукции, тепловой энергии, за прошедший 3-х летний период эксплуатации станции в объеме $T=1351413,5$ Гкал/год.

Общестанционная норма водопотребления свежей воды на единицу выпускаемой продукции равна:

$$N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ОП}} = N_{\text{Х-П}}$$

где $N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ОП}} = \frac{13084503}{1351413,5} = 9,682$ м³/Гкал - норма водопотребления свежей воды на технологические нужды и охлаждение механизмов оборудования основного производства;

$N_{\text{ВП}} = \frac{328219}{1351413,5} = 0,243$ м³/Гкал - норма водопотребления свежей воды на нужды вспомогательного и подсобного производства;

$N_{\text{Х-П}} = \frac{1351413,5}{1351413,5} = 0,233$ м³/Гкал - норма водопотребления свежей воды на хозяйственно-питьевые нужды ТЭЦ и субподрядных организаций.

$$N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ОП}} = 9,682 + 0,243 + 0,223 = 10,148 \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Общестанционная норма водопотребления оборотной воды равна норме водопотребления оборотной воды в системе ГЗУ.

$$m_{\text{ц}} = \frac{N_{\text{ГЗУ}}}{1351413,5} = 1,986 \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Общестанционная норма водопотребления повторно-последовательно используемой воды равна: $N_{\text{ц}}^{\text{П}} = N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ОП}} + m_{\text{ц}}$

где $HT^{nc} = 1351413,5 \cdot 0,983$ м³/Гкал - норма водопотребления повторно-используемой воды на подпитку теплосети;

$H_y = b_{vv} \cdot \Delta t \cdot V = 0,444$ м³/Гкал - норма водопотребления повторно-используемой воды на восполнение потерь в системе ГЗУ.

$$HT^{nc} + H_y = 0,983 + 0,444 = 1,427 \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Общестанционный норматив переданной воды внешнему потребителю ра-

$$HT^{nc} + H_y = HT^{nc} + H_y$$

где $HT^{nc} = 1351413,5 \cdot 0,0053479$ - 7,795 м³/Гкал - норма переданной воды в теплосеть;

$H_{AP} = 1351413,5 \cdot 0,01$ м³/Гкал - норма переданной воды в виде пара потребителю.

$$HT^{nc} + H_{AP} = 7,795 + 0,0097 = 7,805 \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Общестанционный норматив потерь равен: $HT^{nc} + H_{AP} + H_{отп}$,

где $H_{отп} = \frac{720107}{1351413,5} = 0,533$ м³/Гкал - норматив безвозвратного использования и потерь в основном производстве;

$$H_{отп} = 0,533$$

$H_{отп} = 1351413,5 \cdot 0,016$ м³/Гкал - норматив потерь вспомогательного про-

изводства.

$$HT^{nc} + H_{отп} + H_{отп} = 0,533 + 0,016 = 0,549 \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Общестанционная норма водоотведения равна:

$$H_{отп} = H_{отп} + H_{отп} + H_{отп} + \{H_{отп} \cdot B_n\} \text{ м}^3/\text{Гкал},$$

$$H_{отп} = 1947680 + 112$$

где $H_{отп} = 1351413,5 \cdot 1,442$ м /Гкал - норма промстоков от основного произ-

водства;

$$H_{отп} = 171180 + 263$$

$H_{отп} = 1351413,5 \cdot 0,128$ м /Гкал - норма промстоков от вспомога-

го и подсобного производства;

$$H_{ХЗ}^* n = \frac{301000}{1351413,5} = 0,223 \text{ м}^3/\text{Гкал} - \text{норма хозяйственнобытовых стоков};$$

$$, , , c \wedge 315360 + 50^{\wedge}$$

(*НЛИВ_н*) = $\frac{1351413,5}{50} = 0,233 \text{ м}^3/\text{Гкал}$ - среднегодовая норма периодических ливневых стоков.

$$H_{Э}^* = 1,442 + 0,128 + 0,223 + (0,233) = 1,793 + (0,233) \text{ м}^3/\text{Гкал}$$

Для оценки достоверности расчета норм проверяется водный баланс предприятия:

$$TЭЦ \cdot T = TЭЦ + ОП + ВП + Х-П + TЭЦ' \cdot T$$

Левая часть уравнения: $10,148 \cdot 1351413,5 = 13714144 \text{ м}^3$

Правая часть уравнения: $(7,805+1,442+0,128+0,223+0,549) \cdot 1351413,5 = 13712792 \text{ м}^3$

Небаланс <0,01 % объясняется тем, что при расчете показатели норм округлились.

Результаты расчета индивидуальных балансовых норм водопотребления и водоотведения сведены в таблицу 6,7.

Расчет расхода воды на собственные нужды водоподготовительной установки для подпитки теплосети.

Водоподготовительная установка подпитки теплосети включает в себя:

- Н - катионитовые буферные фильтры - 12 шт..
- На - катионитовые фильтры - 7 шт.;

Среднегодовая производительность установки - 1315 м³/час.

Исходной водой для установки является вода из системы водоснабжения ТЭЦ и отработанная в системах охлаждения эл. двигателей мельничных вентиляторов и сетевых насосов.

Н - катионитовые буферные фильтры

Взрыхление фильтрующего материала (сульфоуголь) производится пропуском исходной воды до получения одинаковой жидкости на входе и выходе из фильтра.

В среднем за сутки взрыхляются 4 фильтра, время 1 час, расход воды 90,0 м³ на 1 фильтр.

Расход воды на одну технологическую операцию взрыхления Н - катионитовых фильтров равен: $_ 15м /час$

Na- катионитовые фильтры

регенерация фильтрующего материала (сульфоуголь) производится раствором поваренной соли.

Суточная потребность в воде для приготовления регенерационного раствора равна 211,2 м³/сут. или 8,8 м³/час.

Перед регенерацией проводится взрыхление фильтрующего материала исходной водой. Расход взрыхляющей воды - 90,0 м³/час, время взрыхления 0,7 час (40 мин). Расход воды на одну технологическую операцию взрыхления равен $90 \cdot 0,7=63,0 м^3$.

После проведения регенерации производится отмывка фильтрующего материала исходной водой.

Расход отмывочной воды - 90,0 м³/час, время отмывания 0,7 часа (40 мин). Расход воды на одну технологическую операцию отмывки равен $90 \cdot 0,7=63,0 м^3$.

Расход воды на взрыхление и отмывку при одной регенерации - 126,0 м³

В среднем за сутки проводится 5 регенераций.

Среднесуточная потребность в исходной воде равна:

$$126 \cdot 5=630 м^3/сут или 26,3 м^3/час$$

Общий расход воды на технологические операции фильтров равен:

$$15+8,8+26,3=50,1 м^3/час$$

Количество воды, подаваемой на установку подпитки теплосети, равно:

$$1112,84+151,74+50,1=1315 м^3/час$$

2. Расчет и проектирование водозаборных сооружений.

2.1 Расчет и проектирование скважинного водозабора

Водозаборные сооружения предназначены для хозяйственно-питьевого водоснабжения ТЭЦ и горячего водоснабжения жилых районов города.

Водозаборные сооружения выбираются по гидрологическим и гидрохимическим показателям.

Выбор типа сооружений для забора подземных вод зависит от глубины и условий залегания водоносных пластов, их мощности и способности водоотдачи. Источником водоснабжения являются подземные воды острова расположенные на реке.

По данным гидрологических исследований (таблица 4) установлено, что глубина залегания водоносного пласта составляет 15[^]20 м., приняты - водозаборные скважины.

Мощность водоносного пласта равна 8[^]10м. По степени обеспеченности подачи воды водозаборные сооружения относятся ко 2 категории.

По типу использования подземных вод водозабор относится к инфильтрационным.

Уровни воды в водоносном пласте зависят от уровней воды в реке Енисей (находятся в тесной гидравлической связи).

Качество подземных вод удовлетворяют требованиям СанПин 2.1.4.1074-01 и приведены в таблице 5.

Таблица 4 - Геологический разрез.

№ пласта	Наименование пород	Глубина залегания, м
1	Насыпной грунт: галечник с песком до 30%	3,5
2	Гравийно-галечниковые отложения с включением валунов, заполнитель - песок.	13,5
3	Аргиллит плотный.	17

Таблица 5 - Качество воды в водоносном горизонте.

п/п	Наименование показателей	Ед. измерения	ПДК	Содержание
1	Запах	балл	2	1
2	Привкус	балл	2	1
3	Цветность	градус	20	4,45
4	Мутность	мг/дм ³	1,5	0,68
5	Водородный показатель рН	ед.	6-9	7,5
6	Остаточный хлор	мг/дм ³	0,3-0,5	0,32
7	Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	5,0	1,23
8	Нитраты	мг/дм ³	45	1,43
9	Жесткость общая	мг-экв/дм ³	7,0	1,63
10	Жесткость кальциевая	мг-экв/дм ³	1,37	1,34
11	Щелочность общая	мг-экв/дм ³	-	1,38
12	Хлориды	мг/дм ³	350	4,24
13	Сульфаты	мг/дм ³	500	6,24

Потребность в воде составит:

1. Среднесуточная водопотребность - 72000 м³/сут.
2. Время работы водозабора - 24 часа в сутки.
3. Абсолютная отметка устья скважины - 130,32 м.
4. Высота подъема воды - 14,5 м (131,5м - 117м).
5. Удельный дебит скважины по данным опытной откачки $q = 148,3 \text{ м}^3/\text{ч с}$ 1 п.м.
6. Мощность водоносного пласта - 8,65 м (125,65 м - 117м).

Учитывая мощность водоносного пласта ($M=8,5 \text{ м}$) и принимая потери напора на входе воды в скважину $H\phi = 2,0 \text{ м}$, а максимальную глубину погружения насоса под динамический уровень $= 3,5 \text{ м}$, и находим допустимую величину понижения уровня воды в скважине при работе насоса:

$$S^{\wedge} = 0,5 \cdot 8,65 - 3,5 - 3,0 = -1,18 \text{ м}$$

Тогда отметка расположения динамического уровня воды в скважине будет равной $Z_d = Z_c - s_{доп} = 125,65 - 1,18 = 124,47м$

Отметка расположения верха насоса $Z_n = 124,47м - 3,5м = 120,97м$

Глубину скважины назначаем из условия расположения водоносного пласта, размещения фильтра и обеспечения нормальных условий эксплуатации водоносного горизонта, фильтра и насоса.

Расчетный часовой расход воды, забираемой из одной скважины при удельном дебите $148,3 м^3/час$ с 1 п.м., составит:

$$Q_{час} = Q^д \cdot s_{доп} = 148,3 \cdot 1,18 = 175 м^3 / час$$

Число рабочих скважин при их круглосуточном режиме работы составит:

$$Pr = \frac{Q_{сут}}{Q_{час} \cdot T} = \frac{72000}{175 \cdot 24} = 17 \text{ скважин}$$

Для обеспечения требуемой категории надежности подачи воды потребителям требуются резервные водозаборные сооружения. Согласно СП 31.13330.2012 необходимо дополнительно 2 резервные скважины.

Расстояние между скважинами находим по формуле:

$$R = 1,95 \cdot S \cdot J_m - K_{\phi} + r = 1,95 \cdot 1,1^8 \cdot 8,65 - 75 + 0,426 = 59м$$

$$l_c = 2R = 2 \cdot 59 = 120м$$

2.2. Подбор насосного оборудования.

Требуемый полный напор скважинного насоса равен:

$$H^с = X^н.о. + S = (131,5 - 117) + 8,65 + 1,18 + 4,5 + 5,0 = 33,83м$$

при условии принятых потерь напора $\kappa_{\phi} = f(Q, v, \text{материала труб}, l_{np}) = 4,5м$ и суммарных потерь напора в насосе, водоподъемных трубах и арматуре

$$X^н.о. = 5,0м.$$

Производительность насоса принимаем равной расчетному расходу скважины $Q_n = Q_c = 175 м^3/час$.

Диаметр фильтра водозаборной скважины находим по формуле:

$$\phi = n - 1\phi = 3,14 \cdot 5 - 274,3 = 4306,5$$

где $Q_{\text{ск}}$ - максимальный расход воды, забираемой из скважины в течение суток;

$l_{\text{ф}}$ - длина рабочей части фильтра;

$V_{\text{ф}}$ - входная скорость фильтрации.

$$v_{\text{ф}} = 65^{\text{Кф}} = 65^{75} = 274,3 \text{ м / сут}$$

По полученным расчетным даны требуемого напора насоса и расчетного часового расхода воды, забираемой из одной скважины принимаем скважинный насос марки E10S50/2E с электродвигателем MCH630, производственной компании CAPRARI. Производительность 180 м³/час. Напор 50 м.в.ст.

3. Подготовка воды ТЭЦ.

3.1. Выбор схемы для обработки подпиточной воды теплосети.

В тепловых сетях с открытой системой теплоснабжения горячее водоснабжение осуществляется непосредственно из тепловой сети. Воду на подпитку открытой системы теплоснабжения используют только из водопровода, ее качество должно отвечать требованиям ГОСТ 2.1.4.1074-01. Закон об охране окружающей среды требует при выборе схемы обработки воды предусматривать защиту водоемов от загрязнений стоками водоподготовки.

Для подготовки подпиточной воды теплосети с открытой системой теплоснабжения применяются следующие схемы обработки:

- двухступенчатое Ca - катионирование;
- H -катионирование с «голодной регенерацией», декарбонизация, деаэрация;
- схема подкисления исходной воды, декарбонизация, деаэрация.

Двухступенчатое Na -катионирование в чистом виде применять избегают виду больших объемов стоков с высоким содержанием. В настоящее время Ca -катионирование применяют после снижения щелочности исходной воды до 0,7 мг-экв/дм³ для доумягчения части обрабатываемой воды, чтобы исключить выпадения гипса CaSO_4 при подогреве сетевой воды.

Технология Н-катионирования с «голодной» регенерацией обеспечивает получение фильтрата с минимальной щелочностью, исключение сброса кислых стоков при регенерации и кислого фильтрата в рабочий цикл за счет установки буферных нерегенерирующихся фильтров, взрыхляющая промывка которых осуществляется исходной водой. Область применения данной схемы возможна при выполнении следующих условий:

$$1) 0 < K < 1 \quad \text{и} \quad 1 > A > 0,5 \qquad 2) K > 1 \quad \text{и} \quad 1 < A < 10$$

Для ионного состава исходной воды введем обозначения для составления соотношения концентрации «К» - катионов и «А» - анионов.

$$K = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} = \frac{Na^+}{3,5} = \frac{0,017}{3,5} = 0,00486$$

$$A = \frac{ЛСО^+}{Cl^- + SO_4^{2-}} = \frac{3,61}{0,3 + 0,53}$$

Проверим выполнение условий.

1) $0 < 0,00486 < 1$ и $1 > 3,61 > 0,5$ - не выполняется.

2) $0,00486 > 1$ и $1 < 3,61 < 10$ - не выполняется.

Следовательно данная схема обработки подпиточной воды не может быть применена.

Подкисление исходной воды, декарбонизация, деаэрация. Данная схема практически не имеет сбросных вод. Сущность метода подкисления заключается в разрушении серной кислотой карбонатной жесткости до значения 0,7 мг-экв/дм³ с переводом ее в некарбонатную жесткость. При подкислении исходной воды серной кислотой увеличивается содержание сульфат-иона (SO_4^{2-}) в обрабатываемой воде и может возникнуть опасность выпадения гипса. Поэтому возможность применения данной схемы определяется по стабильности воды по гипсу Са804. Чтобы оценить возможность применения данной схемы следует воспользоваться номограммой.

С помощью номограммы определяется допустимое содержание сульфат-иона $(SO_4^{2-})_{доп}$ по содержанию кальция в обрабатываемой воде ($Ca^{2+} = 2,8$ мг-экв/дм³), солесодержанию (100 мг-дм³) и максимальной температуре подогрева сетевой воды ($t=150^\circ C$). Найденное значение по шкале SO_4^{2-} и будет допустимым значением сульфат-иона в подпиточной воде $(SO_4^{2-})_{доп} = 2,8 \text{ мг-экв/дм}^3$

Фактическая концентрация сульфат-иона в подпиточной воде определяется из уравнения:

$$(SO_4^{2-})_{факт} = 0,53 + 3,0 - 0,7 = 2,83 \text{ мг-экв/дм}^3$$

Если $(SO_4^{2-})_{факт} > (SO_4^{2-})_{доп}$ - схема подкисления возможна. В нашем случае

$$(SO_4^{2-})_{факт} = 2,83 \text{ мг-экв/дм}^3, \quad (SO_4^{2-})_{доп} = 2,83 \text{ мг-экв/дм}^3, \quad \text{таким образом}$$

$$(SO_4^{2-})_{факт} < (SO_4^{2-})_{доп}$$

Но опасность выпадения гипса при нагревании воды в водогрейных котлах.

Следовательно, при подкислении исходной воды серной кислотой в данном случае требуется смягчение части подкисленной воды на Na-катионитовых фильтрах с целью снижения кальциевой жесткости.

Остаточная щелочность после подкисления $(\text{HCO}_3^-)_{\text{ост}}$ равна 0,7 мг-экв/дм³.

Произведение растворимости CaSO_4 при температуре 150°C $K_{\text{пр}}^{\text{CaSO}_4} = 0,34 \cdot 10^{-6}$.

Содержание сульфатов после подкисления.

$$(\text{SO}_4^{2-})_{\text{ост}} = (\text{SO}_4^{2-}) - (\text{HCO}_3^-) - (\text{HCO}_3^-)_{\text{ост}} = 0,53 - 3,0 - 0,7 = 2,83 \text{ мг-экв / дм}^3$$

или $1,415 \cdot 10^{-3}$ г-ион/л

Содержание кальция после подкисления.

$$(\text{Ca}^{2+})_{\text{ост}} = \frac{K_{\text{пр}}^{\text{CaSO}_4}}{(\text{SO}_4^{2-})_{\text{ост}} \cdot f} = \frac{0,34 \cdot 10^{-6}}{1,415 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ г-ион / л}$$

или 0,96 мг-экв / дм³

f - коэффициент активности, принят 0,5

Содержания кальция в подкисленной воде 0,96 мг-экв/дм³ из условия выпадения гипса при нагреве воды в водогрейном котле до 150°C.

В этом случае индекс карбонатный I_c подпиточной воды будет не более 0,67 (мг-экв/дм³)² $= \text{Щ}_{\text{общ}} - \text{Ж}_{\text{Ca}} = 0,7 - 0,96 = 0,67 \text{ (мг-экв/дм}^3)^2$

Следовательно, необходимо 70 % подкисленной воды подвергнуть умягчению на Ка-катионитовых фильтрах.

Основным показателем качества подпиточной воды теплосети является карбонатный индекс. Таким образом, для обеспечения требований нормативных значений карбонатного индекса 0,8 (мг-экв/дм³)² при нагреве сетевой воды в водогрейных котлах до температуры 141-150°C, в зависимости от рН воды 8,81-9,0 [6], по результатам приведенных расчетов выбираем следующую схему обработки подпиточной воды теплосети: подкисление исходной воды серной кислотой, Н - катионирование, частичное Ка - катионирование, декарбонизация, подщелачивание (для поддержания оптимального значения рН 8,3-9,0 ед.) и деаэрация.

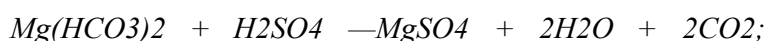
3.2. Расчет технологической схемы

По технико-экономическим соображениям применять для подкисления серную кислоту более выгодно, чем соляную. Серная кислота дешевле и удобнее при перевозке, разгрузке, хранении и применении.

3.2.1. Узел подкисления.

Первым этапом (первой ступенью) технологической схемы подпитки теплосети является подкисления. Так как подпитка теплосети с открытым водоразбором, то подкисление необходимо производится контактной серной кислотой (ГОСТ 2184-77 «Улучшенная»).

Сущность метода подкисления заключается в разрушении серной кислотой карбонатной жесткости до значения менее 0,7 мг-экв/дм³ с переводом ее в некарбонатную жесткость:



Из разрушенной карбонатной жесткости образуется свободная угольная кислота CO₂, которая удаляется в декарбонизаторе до остаточной концентрации 3-5 мг/дм³ и полностью в деаэраторах.

Сернокислый кальций (CaSO₄) при не больших концентрациях менее подвержен образованию накипи в теплообменниках, чем карбонат кальция Ca(НСО₃)₂.

Необходимая доза кислоты рассчитывается по формуле:

$$D_k = \frac{(\text{HCO}_3^{\text{исх}} - \text{HCO}_3^{\text{ост}}) \cdot 49 \cdot Q_{\text{упр}} \cdot 100}{C \cdot 1000}, \text{ л / час},$$

где D_k - (л/час) - доза кислоты; $\text{HCO}_3^{\text{исх}}$. (мг - экв/дм³) - щелочность исходной воды;

$\text{HCO}_3^{\text{ост}}$. (мг - экв/дм³) - щелочность подкисленной воды;

$Q_{\text{упр}}$ (м³/час) - производительность установки;

$P=1,82$ (кг/м³) - плотность серной кислоты;

$C=92$ (%) - концентрация серной кислоты; 49 - эквивалентная масса серной кислоты.

Узел подкисления включает в себя:

- расходный бак - мерник контактной серной кислоты - 2 шт.;
- $V=4,0$ м³, $d=2,1$ м, $H=1,9$ м
- насос -дозатор контактной серной кислоты - 6 шт. (по 2 насоса на каждый блок, т.е. 1 рабочий + 1 резервный);

Марка НД 1,0 Р 100/10 К 14 В.

Производительность - 100 л/час; давление - 10 кгс/см ; масса - 52 кг;

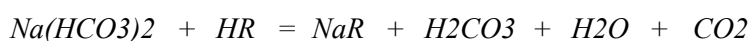
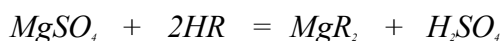
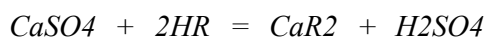
- узел смешения на каждый блок - 3 шт.

3.2.2. Н-катионитовые фильтры II ступени буферные.

Следующим этапом обработки подпиточной воды служит фильтрация на Н-катионитовых фильтрах.

Для устранения колебаний общей щелочности подкисленной воды и предотвращения появления кислой реакции в добавочной воде теплосети необходимо установить буферные Н-катионитовые фильтры II ступени, загруженные сульфоглем, которые периодически (по перепаду давления) регенерируют пропуском исходной воды через фильтр до получения одинаковой жесткости на входе и выходе из фильтра.

При Н- катионировании обрабатываемой воды частично удаляются катионы солей жесткости Ca^{2+} , Mg^{2+} , N^{+} и протекают следующие реакции обмена:



Свободная углекислота, образовавшаяся в процессе Н - катионирования, удаляется в декарбонизаторах.

Расход воды, подаваемой на Н-катионитовые фильтры определяем по формуле

$$Q_{ac} = \frac{A + \sum_{i,v} \cdot (Щ_{i,v} - Щ_{н-кат.в.}) \cdot 943 \cdot (0,7 - 0,4) \cdot 206,4 \cdot 10^3}{0,67 + 0,7}$$

где Q_{ac} - производительность 1 блока (м³/час);

$\sum_{i,v}$ - щелочность воды после подкисления (мг-экв/дм³);

$Щ_{н-кат.в.}$ - щелочность воды после Н-катионитовых фильтров (мг-экв/дм³);

A - сумма сульфатных и хлоридных ионов 0,67 (мг-экв/дм³);

Полную обменную способность катионита принимаем по данным паспорта на сульфоуголь - 550 г-экв/м³

Расчет скорости фильтрования на Н-катионитовых фильтрах:

$$v_{расч.} = \frac{E \cdot h}{T + (C^a) + 0,025 \cdot 0,8^2 \cdot \ln \left(\frac{3,5 + 0,017}{3,5 + 0,01} \right)} = 14,7 \text{ м/ч}$$

$$v_{расч.} = \frac{550 \cdot 1,5}{16 + (3,5 + 0,017) + 0,025 \cdot 0,8^2 \cdot \ln \left(\frac{3,5 + 0,017}{3,5 + 0,01} \right)} = 14,7 \text{ м/ч}$$

где h_k - высота загрузки фильтра, принимаем 1,5 м;

T - продолжительность работы фильтра между промывками, принимаем 16 часов; $0,8 \text{ мм}$ - размерность зерен катионита.

Принимаем 3 рабочих фильтра и 1 резервный $d=3,0 \text{ м}$, площадь поперечного сечения фильтра $f_n = 7,06 \text{ м}^2$.

Необходимый объем катионита для загрузки в 4-х Н-катионитовых фильтра равен:

$$WH = f_n \cdot h_k = 7,06 \cdot 1,5 \cdot 4 = 42,4 \text{ м}^3$$

Необходимая площадь фильтрования 4-х Н-катионитовых фильтров:

$$15 \cdot$$

Фактическая скорость фильтрования при нормальном режиме работы 3-х фильтров:

$$1\phi \quad 7,06 \cdot 3 = \frac{21,18}{21,18} = 100\% / \text{ч}$$

Скорость фильтрования при выключении одного фильтра на промывку:

$$7,06 \cdot 2 = 14,12$$

Вся вода после подкисления проходит фильтрацию через Н-катионитовые фильтры II ступени, которые являются буферными. Таким образом, необходимо обеспечить фильтрацию всего объема воды пропускной способностью (производительностью) выбранных фильтров.

Проектная производительность 1 блока составляет 943 м³/час. Принимаем фильтры по типовому отраслевому каталогу водоподготовительного оборудования для ТЭС и промышленной энергетики.

Тип фильтра ФИПа-11-3,0-0,6 со следующими характеристиками:

- диаметр - 3000 мм;
- рабочее давление - 0,6 МПа;- высота загрузки - 1,5 м;
- производительность - 350 м³/ч.

Таким образом, принимая 3 фильтра рабочих и 1 резервный с производительностью одного фильтра 350 м³/час, что обеспечивает фильтрацию необходимого объема воды $350 \cdot 3 = 1050 \text{ м}^3 / \text{час} > 943 \text{ м}^3 / \text{час}$.

На 2 и 3 блок водоподготовительной установки также принимаем по 3 рабочих и 1 резервному фильтру на каждый. Итого получаем 12 Н-катионитовых фильтров.

Эксплуатация Н-катионитовых фильтров

Буферный фильтр состоит из цилиндрического корпуса со сферическими днищами, имеет верхнее (ВДРУ) и нижнее (НДРУ) распреде-

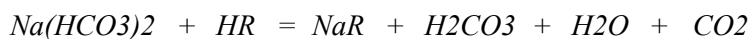
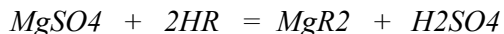
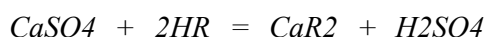
лительные устройства. ВДРУ выполнено как «стакан в стакане», НДРУ состоит из четырех коллекторов со щелевидными лучами, присоединенными к выходному коллектору, под углом 15° к горизонту, приближенно копирующими форму днища фильтра. Внутренняя поверхность фильтра защищена антикоррозионным покрытием.

В процессе эксплуатации буферных фильтров осуществляется два основных процесса:

- работа;
- взрыхление.

Процесс «работа» фильтра заключается в пропуске воды через ионообменный материал.

При водород - катионировании обрабатываемой воды частично удаляются катионы солей жесткости Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ и протекают следующие реакции обмена:



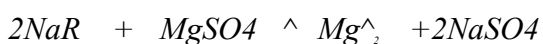
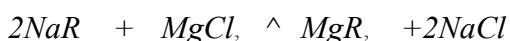
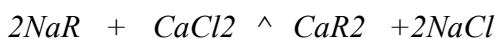
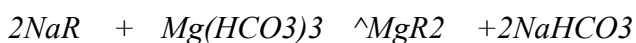
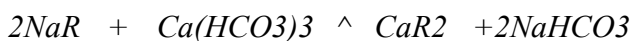
Свободная углекислота, образовавшаяся в процессе Н - катионирования, удаляется в декарбонизаторах.

Процесс «взрыхление» буферного фильтра проводится по установленному графику или при увеличении сопротивления фильтрующего слоя, что определяется по перепаду давления на фильтре (допускается перепад не более 1 кгс/см²).

Операция «взрыхляющей промывки» имеет целью устранить уплотнение слежавшейся массы ионита. Кроме того при этом осуществляется удаление из фильтра накапливающихся в слое ионита мелких частиц, образующихся вследствие постепенного разрушения в процессе эксплуатации фильтра.

3.2.3. Na-катионитовые фильтры I ступени.

Для снижения кальциевой жесткости подкисленной H - катионированной воды I блока необходимо доумягчение воды на Ca-катионитовых фильтрах. В процессе работы Na - катионитовых фильтров происходит умягчение воды за счет ионного обмена катионов солей жесткости Ca^{2+} , Mg^{2+} на ион Na^{+} .



где - NaR , CaR_2 , MgR_2 - солевые формы катионита; R - сложный радикал, практически не растворимый в воде.

Как видно из приведенных реакций, из обрабатываемой воды удаляются катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , а в обрабатываемую воду поступают катионы Na^{+} , при этом ионный состав воды не меняется.

Так как I блок подпитки теплосети работает по схеме параллельного H-Na - катионирования, то при смешивании потоков H- катионированной воды, содержащей сильные кислоты (H_2SO_4 , HCl) с Na- катионированной водой, содержащей $NaHCO_3$, происходят реакции нейтрализации:



Остаточная щелочность при смешивании принимается 0,3-0,4 мг-экв/дм³

Свободная углекислота, образовавшаяся при нейтрализации и в процессе H- катионирования, удаляется в декарбонизаторе.

70 % воды после H-катионитовых фильтров I блока поступает на Na-катионитовые фильтры.

Расчет Na-катионитовых фильтров

1. Расход воды, поступающий на Na-катионитовые фильтры.

$$Q_{\text{бл}} \cdot 0,7 = 943 \cdot 0,7 = 660,1 \text{ м}^3/\text{час}$$

2. Рабочая обменная способность Na-катионита.

$$EP, e = a \cdot p_N^a \cdot E^{\wedge \wedge \wedge \wedge} - 0,5 \cdot q^{\wedge}, \quad = 0,81 \cdot 0,83 \cdot 550 - 0,5 \cdot 4 \cdot 3,5 = 362,8 \text{ г-экв/м}^3, \text{ где:}$$

a , - коэффициент эффективности регенерации = 0,81; - коэффициент, учитывающий снижение обменной способности катионита=0,83; q^{\wedge} - удельный расход воды на отмывку катионита =4 м³/м³; \mathcal{J}_o - общая жесткость обрабатываемой воды, г-экв/м³.

3. Расчетная скорость фильтрования на Na-катионитовых фильтрах.

$$V_{\text{расч}} = \frac{E^{\wedge \wedge \wedge \wedge} \cdot h}{T \cdot (0,02 \cdot t_{\text{взр}}^{\wedge} + 0,8 \cdot t_{\text{рег}}^{\wedge} + t_{\text{отм}}^{\wedge}) \cdot \ln(\mathcal{J}_o - \mathcal{J}_y)}$$

$$T = \frac{24}{(0,25 + 0,42 + 0,83)} = 10,5 \text{ ч}$$

$$V_{\text{расч}} = \frac{362,8 \cdot 1,2 \cdot 5}{10,5 \cdot 3,5 + 0,02 \cdot 362,8 \cdot 0,8^2 \cdot \ln(3,5 - 0,2)} = 21,5 \text{ м/ч, где:}$$

где T - продолжительность межрегенерационного периода;

$t_{\text{взр}}$ - продолжительность взрыхления 0,25 ч (25 мин);

$t_{\text{рег}}$ - продолжительность регенерации 0,42 ч (25 мин);

$t_{\text{отм}}$ - продолжительность отмывки 0,83 ч (50 мин).

4. Принимаем 6 рабочих фильтров и 1 резервный $d=2,6$ м, площадь поперечного сечения фильтра $f_{\text{Na}} = 5,3 \text{ м}^2$.

5. Объем загрузки 7 Na-катионитовых фильтров.

$$= S_{\text{ф}} \cdot h \cdot K = 5,3 \cdot 2,5 \cdot 7 = 92,75 \text{ м}^3$$

6. Необходимая площадь 7 Na-катионитовых фильтров.

$$A = 2,5$$

7. Фактическая скорость фильтрования при нормальном режиме работы

$$V_{\phi} = \frac{660,1}{31,8} = 20,1 \text{ м/ч}$$

8. Скорость фильтрования при выключении одного фильтра на промывку.

$$V_{\phi} = 53 \cdot 5 = 265 = 24,9 \text{ м/ч}$$

Расход H - катионированной воды на Na - катионитовые фильтры 660,1 м³/час. Выбираем фильтры по типовому отраслевому каталогу водоподготовительного оборудования для ТЭС и промышленной энергетики.

Принимаем фильтр ФИПа-1-3,0-0,6 со следующими характеристиками:

- диаметр - 3000 мм;
- рабочее давление - 0,6 МПа;
- высота загрузки - 2,5 м;
- производительность - 130 м³/ч

Таким образом, принимая 6 фильтров рабочих и 1 резервный с производительностью одного фильтра 130 м³/час, что позволяет обеспечить фильтрацию необходимого объема воды $130 \cdot 6 = 780 \text{ м}^3 / \text{час} > 660,1 \text{ м}^3 / \text{час}$.

Эксплуатация Na-катионитовых фильтров.

Na-катионитовый фильтр состоит из цилиндрического корпуса со сферическими днищами, имеет верхнее (ВДРУ) и нижнее (НДРУ) распределительные устройства. ВДРУ выполнено как «стакан в стакане», НДРУ состоит из четырех коллекторов со щелевидными лучами, присоединенными к выходному коллектору, под углом 15° к горизонту, приближенно копирующими форму днища фильтра. Внутренняя поверхность фильтра защищена антикоррозионным покрытием.

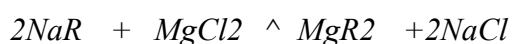
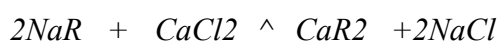
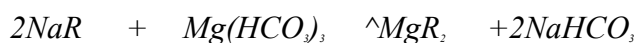
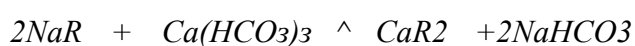
В процессе эксплуатации Na - катионитовых фильтров осуществляется четыре основных процесса:

- работа;
- взрыхление;
- регенерация;
- отмывка.

Задачей эксплуатации фильтров является правильное проведение указанных операций, обеспечивающих максимальную емкость фильтрующего материала, при заданном качестве химически обработанной воды.

Процесс «работа» фильтра заключается в пропуске воды через ионообменный материал.

В процессе работы Na - катионитовых фильтров происходит умягчение воды за счет ионного обмена катионов солей жесткости Ca^{2+} , Mg^{2+} на ион Na^{+} .



где - NaR , CaR_2 , MgR_2 - солевые формы катионита; R - сложный радикал, практически не растворимый в воде.

Как видно из приведенных реакций, из обрабатываемой воды удаляются катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , а в обрабатываемую воду поступают катионы Na^{+} , при этом ионный состав воды не меняется.

Так как I блок подпитки теплосети работает по схеме параллельного H- Na- катионирования, то при смешивании потоков H- катионированной воды, содержащей сильные кислоты (H_2SO_4 , HCl) с Na- катионированной водой, содержащей $NaHCO_3$, происходят реакции нейтрализации:



Остаточная щелочность при смешивании принимается 0,3 - 0,4 мг-экв/дм³

Свободная углекислота, образовавшаяся при нейтрализации и в процессе Н- катионирования, удаляется в декарбонизаторе.

В процессе работы Na- катионитового фильтра происходит истощение фильтрующего материала, которое определяется по увеличению жесткости обрабатываемой воды. По окончании рабочего цикла (согласно режимной карте) фильтр отключают на «регенерацию». Для качественного проведения «регенерации» фильтрующий материал необходимо «взрыхлить» (провести взрыхляющую промывку).

В процессе «взрыхления» следить за отсутствием выноса катионита. Промывку заканчивают при прозрачной пробе сбросной воды.

По окончании операции «взрыхление» проводят операцию «регенерация» (пропускают в Na- катионитовый фильтр регенерационный раствор поваренной соли (NaCl), который проходит сверху вниз сквозь слой катионита. Продукты регенерации направляются в дренаж.

При регенерации происходит вытеснение из фильтрующего материала поглощенных ионов солей жесткости Ca²⁺, Mg²⁺.

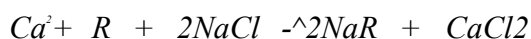
«Регенерация» предназначена для восстановления обменной рабочей емкости истощенного фильтрующего материала.

Полнота и качество регенерации зависит от:

- качественного проведения взрыхления и промывки;
- концентрации регенерационного раствора и его температуры;
- содержания в фильтрующем материале задержанный катионов солей жесткости.

Режим регенерации истощенного катионита может тогда считаться оптимальным, когда при минимальных расходах регенерационного вещества обеспечивается глубокое умягчение воды при достаточно высокой рабочей емкости поглощения катионита. Обычно при регенерации Na- катионитового фильтра через него пропускают 5-8 % раствор NaCl со скоростью 3-4 м/час.

При этом происходят следующие реакции:



После подачи регенерационного раствора необходимо провести «отмывку» фильтрующего материала. Целью «отмывки» является удаление избытка регенерирующего раствора, продуктов регенерации и получение воды требуемого качества.

При «отмывке» строго следить за выносом фильтрующего материала из нижнего дренажа. При появлении крупных зерен катионита отмывку прекратить, фильтр остановить для внутреннего осмотра.

1/3 дренажных промывочных вод после фильтров собирается в баке-нейтрализатор 1,2 или сбрасывается в ПЛК, а 2/3 отмывочных вод направляется в бак промывочной подсоленной воды для повторного ее использования.

По окончании «отмывки» фильтр ставится в резерв или включается в работу.

*Расчет поваренной соли на регенерацию
фильтрующего материала в Na-катионитовых фильтрах*

Расчет необходимого количества соли для приготовления регенерационного раствора, применяемого для восстановления обменной рабочей емкости катионита СК-1 в Na-катионитовых фильтрах.

Так как подпитка теплосети с открытым водоразбором, то регенерацию необходимо производится пищевой поваренной солью (ГОСТ 51574-2000).

Расход поваренной соли на 1 м³ обработанной воды составит:

93

где - $J_{ис} - J_{ост}$ - снижение жесткости в обрабатываемой воде (мг-экв/дм³);
 q - нормируемый удельный расход поваренной соли (г/г-экв); 93 - содержание CaCl₂ в поваренной соли.

Для приготовления регенерационного раствора соли принимаем:

- бак раствора соли - 1 шт. $V=25$ м³;
- насосы перекачки раствора соли марки X 80-50-200, производительность - 50 м³/час; напор - 50 м.в.ст.

3.2.4. Декарбонизаторы.

Дальнейшим этапом обработки подпиточной воды служит декарбонизация.

Декарбонизатор служит для удаления из воды коррозионно-активного растворенного углекислого газа, образованного в результате дозирования кислоты в схеме подкисления, тем самым, предотвращая коррозию теплосилового оборудования и трубопроводов.

Фактическое содержание CO₂ в исходной воде - 0,4 мг/дм³.

Количество свободной углекислоты, поступающее на декарбонизатор после подкисления и Н - катионирования определяется по формуле:

$$(CO_2)_{де.} = (CO_2)^{ис.} + 44 \cdot \Pi_{ис.}^{в.} = 0,44 + 44 \cdot 1,41 = 62,5 \text{ мг/дм}^3$$

Учитывая расход воды, подаваемый на обработку на 1 блок - 943 м³/час, принимаем 2 типовых декарбонизатора, производительностью по 550 м³/час, загруженные кольцами Рашига (керамические цилиндры 25 x 25 x 3 мм).

Площадь поперечного сечения декарбонизатора:

$$F_{\text{с.с.}} = \frac{Q}{v} = \frac{550}{60} = 9,2 \text{ м}^2, \text{ где:}$$

Q - плотность орошения на 1 м² площади дегазатора м³/ч, равная для насадки из колец Рашига 60 м³/ч;

Высота слоя насадки в декарбонизаторе определяется в зависимости от содержания свободной углекислоты в воде, поступающей на декарбонизатор, принимаем равной 3,7 м.

Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу удельного расхода воздуха 20 м³ на 1 м³ воды, подаваемой в дегазатор. $550 \cdot 20 = 11000 \text{ м}^3$

Необходимый напор развиваемый вентилятором определяется с учетом потери напора в насадке из колец Рашига, которую принимают равной 30 мм в.ст. на 1 м высоты слоя насадки, а также величины прочих потерь напора, составляющих 30-40 мм.в.ст. $3,7 \cdot 30 + 30 = 141 \text{ мм}$

Диаметр декарбонизатора :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11000}{3,14 \cdot 60}} = 3,4 \text{ м}$$

Производительность 550 м³/час; Высота насадки из колец Рашига - 3,7 м;

Диаметр - 3,4 м; Высота - 4,8 м

Принимаем вентилятор марка Ц4-76 №8; производительность 10 м³/час; частота вращения рабочего колеса 1030 об/мин.

Эксплуатация декарбонизатора

В верхней части декарбонизатора находится подводящий патрубок, по которому вода поступает на распределительный металлический щит, снабженный высоким и низким патрубками.

По низким патрубкам вода равномерно распределяется по всей площади сечения декарбонизатора и стекает струйками через кольца Рашига вниз.

В нижней части декарбонизатора располагается подводящий патрубок воздуховода, по которому воздух от вентилятора поступает в нижнюю часть корпуса и поднимается вверх.

В результате десорбции, растворенные в воде газы вместе с воздухом через высокие патрубки поступают в брызгоотделители, где освобождаются от захваченных капелек влаги, и далее газоздушная смесь выбрасывается в атмосферу, а капли влаги стекают по патрубку в декарбонизатор.

Эффективность удаления углекислого газа зависит от температуры воды, расхода воздуха, величины рН и удельной поверхности контакта воды с воздухом. Содержание углекислоты декарбонизированной воды должно быть не более 3 - 5 мг/кг.

После декарбонизаторов вода самотеком сливается в баки подкисленной декарбонизированной воды - 4 шт. $V=250 \text{ м}^3$, $d = 6900 \text{ мм}$, $H=7300 \text{ мм}$,

Из баков вода насосами подкисленной декарбонизированной воды подается в пиковую водогрейную котельную на деаэраторы для удаления остаточного содержания CO_2 и растворенного в воде кислорода.

Насосы подкисленной декарбонизированной воды.

Марка Д 1600-90а-УХЛ4; Производительность - $1500 \text{ м}^3/\text{час}$; Напор - 80 м.в.ст

3.2.5. Узел подщелачивания

Последний этап обработки подпиточной воды на водоподготовительной установке является подщелачивание. Ввод раствора щелочи производится во всасывающий коллектор насосов подкисленной декарбонизированной воды.

Целью подщелачивание является увеличение и стабилизация рН подкисленной декарбонизированной воды для подпитки теплосети, согласно норм ПТЭ.

Подщелачивание предназначено для поддержания рН подпиточной воды не менее 8,3 (8,3-9,0 ед.) при котором существенно снижается скорость коррозионных процессов.

Передозирование раствора щелочи в подкисленную декарбонизированную воду не допускается.

Необходимая доза щелочи рассчитывается по формуле:

$$D_{щ} = \frac{Щ_{изб} \cdot 40 \cdot Q \cdot 100}{C \cdot 1000}, \text{ л/час},$$

где $D_{щ}$ - доза щелочи, л/час;

$Щ_{изб}$ - избыток щелочности по ф/ф, соответствующее рН=8,3- 9,0 (примерно 0,2-0,3 мг/кг);

$Q_{уст.}$ - производительность установки, м³/час;

ρ - плотность щелочи, кг/дм³; C - концентрация рабочего раствора щелочи, %;

40 - эквивалентный вес NaOH.

Узел подщелачивание включает в себя:

1. Расходный бак щелочи - 2 шт., $V = 40 \text{ м}^3$, $d = 3800 \text{ мм}$, $H = 3750 \text{ мм}$
2. Насос - дозатор щелочи - 2 шт (1 рабочий + 1 резервный)
Марка НД 2,5 2500/10Д 14А; Производительность- 2500л/час; Напор - 100 м.в.ст
3. Узел смешения - 1 шт.

3.3. Расчет реагентного хозяйства

Склад хранения реагентов

Для разгрузки и хранения всех реагентов, необходимых для ведения технологического процесса подготовки воды предусмотрен склад хранения жидких реагентов. Все реагенты поступают железнодорожным транспортом. Контактная серная кислота и едкий натр (щелочь) - в железнодорожных цистернах, поваренная соль в железнодорожных вагонах навалом.

Оборудования склада жидких реагентов.

1. Бак хранения контактной серной кислоты - 2 шт.

$$V = 63 \text{ м}^3 \quad d=3816 \text{ мм}, \quad H= 6340 \text{ мм},$$

2. Бак хранения щелочи - 2 шт.

$$V = 63 \text{ м}^3 \quad d=3816 \text{ мм}, \quad H= 6340 \text{ мм},$$

3. Ячейки мокрого хранения соли- 4 шт

$$V =122 \text{ м}^3 \text{ каждая}$$

4. Насос разгрузки и перекачки контактной серной кислоты - 2 шт.

Марка X 80-50-200 Д С; Производительность - 50 м³/час; Напор - 50 м.в.ст

5. Насос разгрузки и перекачки щелочи - 2 шт.

Марка X 80-50-200 Д С; Производительность - 50 м³/час; Напор - 50 м.в.ст

В настоящее время на ТЭЦ в работе 4 водогрейных котла КВТК-100-150 и расход подпиточной воды теплосети, обрабатываемой в химическом цехе - 1315 м³/час, следовательно расходы реагентов (с учетом качества подаваемой исходной воды) на данную производительность составит:

Расход контактной серной кислоты.

Необходимая доза кислоты рассчитывается по формуле:

$$z_k = \frac{\dots}{\dots}, \text{ л/час}$$

$$D_k = \frac{(1,6-G,4) \cdot 49 \cdot 1315 \cdot IGG}{1,82 \cdot 92 \cdot IGGG} = \frac{7435495,2}{16744G} = 46,2 \text{ л/час},$$

где D_k - (л/час) - доза кислоты;

$HCO_{3,x}$ (мг-экв/дм³) - щелочность исходной воды;

$HCO_3 \text{ ост.}$ (мг-экв/дм³) - щелочность подкисленной воды;

Y^m (м³/час) - производительность установки;

$P=1,82$ (кг/м³) - плотность серной кислоты;

$C=92$ (%) - концентрация серной кислоты; 49 - эквивалентная масса серной кислоты.

Расход кислоты составит:

$$D = \frac{46,2 \cdot 10^3}{1000} \cdot 2,44 = 404,7 \text{ т}$$

Отсюда расход кислоты составит:

- технической 92-х процентной серной кислоты: $404,7 \cdot 1,82 = 736,6 \text{ тн}$

- концентрированной 100%-ной серной кислоты: $736,6 \cdot 0,92 = 677,7 \text{ тн}$

Расход щелочи.

Необходимая доза щелочи рассчитывается по формуле:

$$D_{щ} = \frac{Щ_{изб} \cdot 60 \cdot 100}{C \cdot 1000} = \frac{0,2 \cdot 40 \cdot 1,315 \cdot 10^3}{1,043 \cdot 4 \cdot 1000} = \frac{1011,632}{4172} = 252,2 \text{ л/час}$$

где $D_{щ}$ - доза щелочи, л/час;

$Щ_{изб}$ - избыток щелочности по ф/ф, соответствующее рН=8,3-9,0(примерно 0,2-0,3 мг/кг);

руст. - производи-тельность установки, м³/час;

ρ - плотность щелочи, кг/дм³;

C - концентрация рабочего раствора щелочи, %; 40 - эквивалентный вес NaOH.

Годовой расход щелочи составит:

$$L \text{ л} / \text{о} = \frac{252,2 \cdot 24 \cdot 36^3}{1000} = 2209,3 \text{ м}$$

- количество в 4-х %-ном растворе: $2209,3 \cdot 1,043 = 2304,3 \text{ тн}$

Расход 100 процентной щелочи, необходимое для приготовления 4-х%-ного раствора: $\frac{2304,3}{92} \cdot 4 = 99,9 \text{ тн}$

Расход поваренной соли

Расчет необходимого количество соли для приготовления регенерационного раствора, применяемого для восстановления обменной рабочей емкости катионита СК-1 в Na-катионитовых фильтрах

Так как подпитка теплосети с открытым водоразбором, то регенерацию необходимо производится пищевой поваренной солью (ГОСТ 51574-2000).

1. Жесткость исходной воды - 1,6 мг-экв/дм³.
2. Жесткость воды после Ка-катионирования 1 ступени - 0,2 мг-экв/дм³.
3. Снижение жесткости после обработки: на 3,3 мг-экв/дм³.
4. Удельный расход поваренной соли для регенерации катионита СК-1 по данной схеме обработки воды согласно составляет: для 1 ст. - 177 г/г-экв.
5. Расход воды прошедший обработку на Ка-катионитовых фильтрах составит

$$- \frac{1315}{\text{Блока}} \cdot G_7 \cdot 24 \cdot 365 = 268786 \text{ Гтн}$$

6. Расход поваренной соли на 1 м³ обработанной воды составит:

$$Q = (J_{исх} - J_{ост}) \cdot 177 \cdot 1 \text{ ГГ} = (1,6 - 0,2) \cdot 177 \cdot 1 \text{ ГГ} = 266,5 \text{ г} / \text{м}^3 = 0,27 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$J_{исх} - J_{ост}$ - снижение жесткости в обрабатываемой воде (мг-экв/дм³); q - нормируемый удельный расход поваренной соли (г/г-экв); 93 - содержание CaCl₂ в поваренной соли.

6. Расход поваренной соли на данную производительность составит:

$$Y_{общ} = G_7 \cdot 268756 \text{ Г} = 725722,2 \text{ кг} = 725,7 \text{ тн}$$

Расход фильтрующего материала для загрузки в ионообменные фильтры:

Во всех ионообменных фильтрах загружен сульфуголь СК-1. Ввиду того, что с 2005 г. сульфуголь не выпускается (снят с производства), то возникла необходимость замены всего фильтрующего материала в фильтрах на новый, аналогичный по своим свойствам и характеризующим показателям. Предлагаю загрузить фильтрующий материал Амберлайт IR-120.

Н-катионитовые фильтры - 12 шт. Ка-катионитовые фильтры - 7 шт.
Диаметр 3,0 м.

Площадь поперечного сечения - 7,06 м²

Загружен - Амберлайт IR-120 (насыпная масса - 0,84 т/м³)

Высота загрузки - 1,2 м

$$Q_{m-120} = 7,06 \cdot 15 \cdot 0,84 \cdot 19 = 169 \text{ тн}$$

3.4. Назначение и характеристика хлораторной установки.

Хлораторная установка предназначена для хлорирования хозяйственной воды ТЭЦ. Хлорирование производится для обеззараживания хозяйственной воды и предотвращения биологических обрастаний внутренних поверхностей труб.

Хлораторная установка разработана на I-ю очередь строительства ТЭЦ-3 с производительностью по хлору 6,12 кг/час - для обеззараживания воды - 3000 м³/час, с учетом расширения на II-ю очередь строительства с производительностью по хлору 11,13 кг/час.

Хлораторная установка располагается в отдельно стоящем здании прямоугольной формы с размерами 12x18 м и пристройкой - 3x8 м. и находится на территории насосной станции II подъема.

Основное здание состоит из 2-х частей: одноэтажной и двухэтажной. В одноэтажной части расположен склад контейнеров, размер склада 12x12 м; в двухэтажной - хлордозаторная, насосная, вентиляционные камеры и вспомогательные помещения с размерами 6 x 12 м. Высота этажа - 3,5 м. На крыше имеется выбросная труба диаметром 400 мм. В пристройке находятся бытовые и вспомогательные помещения.

Подрусловые воды реки из 19 скважин по сифонным водоводам поступают в водоприемные колодцы, расположенные перед насосными станциями № 1, № 2 I подъема. Из водоприемных колодцев вода насосами по трубопроводам подается через камеру переключений № 3 в резервуары сырой воды № 1, 2 насосной станции хозяйственной воды II подъема.

В камере переключений № 3 в трубопроводы сырой воды врезаны линии хлорной воды (с большим содержанием хлора), поступающей с хлораторной установки. Здесь сырая вода перемешивается с хлорной водой и поступает в резервуары сырой воды.

Затем хлорированная вода из резервуаров насосами подается на промплощадку ТЭЦ-3, а часть воды (7,5 м³/ч), с нагнетания насосов, забирается на хлораторную установку, где происходит дозирование в нее хлор-газа. Далее хлорная вода вместе с сырой водой (смешение в камере переключений) поступает в резервуары. Таким образом происходит постоянный цикл хлорирования воды в резервуарах для поддержания в них хлорированной воды с остаточным активным хлором 0,3-0,5 мг/дм³ (нормируемый показатель - СанПиН 2.1.41074-2001).

3.5. Технологическая схема подачи хлора.

Хлор доставляется на ТЭЦ из ОПО «Химпром» города Кемерово автомобильным транспортом. ООО «Химпром» - ближайший поставщик жидкого хлора. Перевозка осуществляется в соответствии с «Правилами перевозки жидкого хлора в баллонах и контейнерах автомобильным транспортом». Маршрут движения согласован с ГАИ МВД Красноярского края и Кемеровской области.

Хлор поступает на склад хлораторной установки в контейнерах в жидком состоянии (давление - 1,6 МПа; температура - минус 34,6°С). Масса хлора в контейнере 1000 кг или 800 л.

В нашей стране и за рубежом пока еще не созданы процессы хлорирования сжиженным хлором, поэтому при потреблении сжиженный хлор испаряют в змеевиковых испарителях и используют в виде газа, так как жидкий хлор не смешивается с водой и плохо растворяется в ней.

Переход хлора из жидкого состояния в газообразное происходит при потреблении тепла извне.

Температура воздуха в складе всегда плюсовая, поэтому хлор, потребляя тепло воздуха через стенки контейнера, частично испаряется и переходит в га-

зooбразное состояние, то есть в контейнере образуются две фазы хлора: в нижней части - жидкий хлор, в верхней - влажный газообразный.

Для осуществления непосредственного отбора газообразного хлора из контейнера необходимо обеспечить выполнение следующих требований, предусмотренных Правилами ПБ 09-594-03 [12]:

- количество отбираемого из контейнера хлора должно обеспечиваться соответствующим теплопритоком из окружающей среды;
- технология отбора хлор-газа должна исключить обмерзание сосуда;
- количество одновременно подключенных в линию сосудов не должно быть более двух;
- подача газообразного хлора в линию должно осуществляться через систему очистки от механических примесей.

Все вопросы были согласованы с Российским центром «Хлорбезопасность» г. Москвы, после выполненных расчетов рекомендованы и утверждены генеральным директором Ягуд Б.Ю.

Таким образом, хлор из контейнера отбирается через верхний вентиль в газообразном состоянии.

Контейнер с хлором устанавливается на весы на металлическую подставку в наклонном положении (горловина приподнята), чтоб вентили на горловине располагались вертикально друг над другом, при этом верхний вентиль через сифон сообщается с газовой фазой, а нижний вентиль - с жидкой фазой.

При отборе газообразного хлора из контейнера осуществляется контроль за давлением, расходом хлора и окончанием опорожнения емкости. Остаточное давление в опорожненном сосуде должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Подсоединение контейнера к хлоропроводу осуществляется при помощи гибкой трубки, которая фиксируется к контейнеру и хлоропроводу накидными крепежными гайками.

Влажный хлор-газ из контейнера по гибкой трубке поступает в хлоропровод, который проходит через испаритель в виде змеевика. В испарителе змеевик омывается подогретой водой и за счет теплообмена происходит дальнейший переход хлор-газа в более сухую фазу.

Далее хлор-газ поступает в корпус грязевика, где теряется скорость его движения за счет разности диаметров хлоропровода и грязевика. Примеси, находящиеся во взвешенном состоянии, под собственным весом оседают на дно грязевика, а хлор, для более глубокой очистки, проходит через фильтр.

После фильтра очищенный хлор-газ поступает в хлоратор ЛОНИИ-100КМ.

Хлоратор ЛОНИИ-100КМ представляет собой вакуумный аппарат обеспечивающий:

- фильтрацию хлорного газа; - отключение подачи хлора в ротаметр при отсутствии разрежения; - измерение разрежения; индикацию и регулирование производительности по хлору; - защиту конструкции от проникновения воды из эжектора; - смешивание газообразного хлора с потоком рабочей воды.

Питание хлоратора осуществляется подачей хлора давлением 2^6 кгс/см² и давлением рабочей воды на входе эжектора 4^5 кгс/см². Расход рабочей воды при максимальном давлении воды на входе эжектора 4,2 м³/ч.

Хлоратор установлен в отапливаемом и вентилируемом помещении (рабочий диапазон температур от 10 до 35°C).

Хлоратор ЛОНИИ-100КМ смонтирован на панели и прикреплен к стене хлордозаторного помещения.

Линия хлорной воды отводится от каждого (работающего) хлоратора и по подземным коммуникациям подводится в камеру переключения № 3 на врезку в трубопроводы, подающие воду в резервуары сырой воды.

3.6. Технологическая схема движения воды в схеме хлорирования

Часть хлорированной воды после резервуаров сырой воды поступает на распределительное устройство хлораторной установки. Распределительное устройство предназначено для подачи воды: в бак разрыва струи, на эжектор хлор-дозаторов, на пожарные и поливочные краны, в резервуар нейтрализующего раствора и на собственные нужды персонала хлораторной установки. Поэтому давление на распределительное устройство устанавливается редукционным клапаном не менее 6 кгс/см².

Бак разрыва струи служит для снижения давления воды после испарителя и для подачи подогретой воды необходимого давления в испаритель.

Снижение давления в баке разрыва струи происходит за счет разности диаметров входящего трубопровода и самого бака. Необходимое давление (не более 3 кгс/см²) создается насосом повышения давления, так как давление воды в испарителе должно быть ниже давления хлора в змеевике хлоропровода во избежание попадания туда воды.

Хлор, поступающий с завода, содержит примеси мышьяка, серной кислоты, хлорного железа, треххлористого азота, компрессорного масла и влаги.

При смешивании жидкого хлора с водой образуется гидрат хлора (желтые октаэдрические кристаллы), который уменьшает проходное сечение коллекторов. Поэтому попадание воды в хлоропровод и контейнер недопустимо.

Подогрев воды происходит в электроводонагревателе.

Насос повышения давления одновременно подает воду одновременно в испаритель и электроводонагреватель, а затем подогретая (не выше 35°С) вода после электроводонагревателя и охлажденная вода после испарителя возвращается в бак разрыва струи. Таким образом, происходит циркуляция теплой воды через испаритель, где происходит теплообмен между теплой водой и холодным хлоропроводом. После подогрева воды до 35°С электроводонагреватель отключается автоматически. При снижении температуры воды в

испарителе до 10°C электроводонагреватель также автоматически включается в работу.

Небольшие потери теплой воды в баке разрыва струи (утечка через сальниковые уплотнения насоса и запорной арматуры, отбор пробы на анализ рН среды) восполняются холодной водой от распределительного устройства.

Холодная вода после распределительного устройства поступает на эжектор хлоратора и должна быть 4-5 кгс/см, где происходит смешение воды с газообразным хлором и хлорная вода поступает в камеру переключений №3 в трубопроводы сырой воды и далее в резервуары.

3.7. Назначение реконструкции хлораторной установки.

Хлораторная установка ТЭЦ смонтирована по типовому проекту № 901-7-3 ЦНИИЭП инженерного оборудования в 1992 году. Технические решения, заложенные в проекте к настоящему времени устарели и не соответствуют ряду требований «Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора» (ПБ 09-594-03).

Среди нарушений требований ПБ 09-594-03 в хлораторной необходимо отметить:

- применение в схеме дозирования хлора хлораторов ЛОНИИ-100КМ, не имеющих разрешение Госгортехнадзора РФ к применению на хлорных объектах;
- применение в схеме дозирования хлора испарителей хлора, не имеющих разрешение Госгортехнадзора РФ к применению на хлорных объектах;
- применение в системе поглощения аварийного выброса скруббера с высотой слоя насадки из колец Рашига 3м, не обеспечивающего необходимую эффективность поглощения аварийного выброса при возможных значительных выбросах, например, при разрушении контейнера или утечки жидкого хлора из контейнера. *Этот вопрос подробно рассмотрен в разделе «Экология» дипломного проекта.*

Для повышения уровня безопасности существующей хлораторной установки и приведение к требованиям «Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора» (ПБ 09-594-03) в работе предусматривается реконструкция хлораторной установки с выполнением следующих конструктивных решений:

- замена хлораторов ЛОНИИ-100КМ на хлораторы «АДВАНС» фирмы «ВЭДЭКО-КФТ» (Венгрия), имеющие разрешение Госгортехнадзора РФ на применение на хлорных объектах;

- организация отбора хлора из контейнера из газовой фазы, что позволит исключить из схемы дозирования испарители хлора, не имеющие разрешения Госгортехнадзора РФ;

- для нейтрализации аварийных выбросов хлора предусматривается применение аппарата обеззараживания хлора «ОЛИМП-2002», разработанный ЗАО «ОЛИМП» г. Санкт-Петербург, имеющего разрешение Госгортехнадзора РФ, что позволит повысить эффективность поглощения аварийных выбросов хлора.

3.8. Характеристики вновь вводимого оборудования

Аппарат «ОЛИМП».

Аппарат комплектуется: вытяжными вентиляторами, циркуляционными насосами, системой автоматического слежения, автоматического пуска и управления установкой, емкостью на 16 м³ для приготовления 10%-ного раствора кальцинированной соды.

Аппарат «ОЛИМП» представляет собой противоточный 2-х тарельчатый абсорбер, в котором в качестве контактных устройств используются тканевые сетки (ТКУ).

ТКУ способны работать с малым гидравлическим сопротивлением в широком диапазоне нагрузок по газовой фазе. Входной патрубок газа аппарата находится под ТКУ и заглублен в нейтрализующий раствор, что обеспечивает хороший контакт газа с жидкостью и исключает проскок хлора в пусковой период.

В аппарате имеются две ступени нейтрализации хлора - 2 последовательно работающие сетчатые тарелки, на которых при включении аппарата в работу (подаче нейтрализующего раствора на верхнюю тарелку и включении вытяжного вентилятора) создается 2 «кипящих пенных слоя», обеспечивающих интенсивные массообменные процессы по связыванию и обезвреживанию хлора. Уносимые с верхней части тарелки жидкости улавливаются многослойным каплеуловителем.

Преимуществом аппарата являются:

- высокая эффективность поглощения при компактности и резком снижении высоты по сравнению со скруббером;
- безинерционность;
- исключение уноса капель нейтрализующего раствора в результате применения каплеуловителя;
- полное соответствие требованиям Правил ПБ 09-594-03;
- аппарат имеет разрешение Госгортехнадзора России на применение.

Основные технические характеристики аппарата:

- аппарат-абсорбер с двумя ступенями контактирования;
- производительность по воздуху - 5000 м³/час;
- разряжение - не более 3500 Па;
- температура рабочей среды - от +5°С до +40°С;
- производительность циркуляционного насоса - 12 м³/час;
- состав среды:
 - а) газовая фаза - воздух с примесью хлора (концентрация не регламентируется);
 - б) жидкая фаза - 10%-ный раствор кальцинированной соды;
- необходимое количество нейтрализующего раствора (для ликвидации аварий с контейнером) - 15,8 м³;
- степень очистки - 99,99 %.

Хлоратор «ЭДВАНС». Назначение хлоратора.

Дозатор хлора «ЭДВАНС» предназначен для использования в системе обеззараживания питьевых, технологических и сточных вод.

Хлоратор обеспечивает измерение и регулирование количества подаваемого в воду хлор-газа, полное смешение его с рабочей водой и подачу полученного раствора в обрабатываемую воду, а также испарение жидкого хлора в случае попадания его в газовый тракт.

Вся система хлоратора работает под создаваемым эжектором вакуумом, что исключает попадания хлора в помещение в случае повреждения трубопроводов.

Устройство хлоратора.

Регулятор вакуума. Служит для поддержания постоянного давления (разряжения) в системе. Регулятор состоит из корпуса, предохранительного клапана с пружиной и контрпружиной, опоры мембраны с переливным каналом, мембраны и вентиляционной трубки.

Ловушка жидкого хлора и испаритель. Ловушка предназначена для улавливания попавших в хлоратор капель жидкого хлора и их испарения. При нормальных условиях работы испарение хлора происходит в емкостях для его хранения, и в хлоратор поступает газообразный хлор, однако при резком увеличении расхода хлора и снижении в связи с этим давления, или при увеличении температуры происходит бурное вскипание жидкого хлора, при этом капли могут попасть в хлоратор. Для быстрого испарения уловленного жидкого хлора ловушка оборудована электроподогревателем.

Фильтр. Служит для очистки от загрязнений поступающего в хлоратор газообразного хлора.

Расходомер (ротаметр). Служит для измерения количества проходящего через хлоратор хлор-газа и представляет собой коническую

стеклянную трубку, внутри которой в восходящем потоке газа перемещается пластмассовый поплавок. Отметка, на которой устанавливается поплавок, зависит от скорости потока газа, и каждому значению показаний ротаметра соответствует определенный расход хлор-газа.

Регулятор расхода. Служит для изменения количества подаваемого к эжектору хлор-газа. Представляет собой игольчатый клапан, регулирующий площадь живого сечения отверстия, соединяющего ротаметр с вакуумной трубкой.

Вакуумная трубка. Служит для транспортирования хлор-газа от ротаметра к эжектору. Диаметр, поставляемый в комплекте с хлоратором трубки, рассчитан на расстояние между ротаметром и эжектором не более 3,0м. При большем расстоянии следует произвести соответствующий расчет и увеличить диаметр вакуумной трубки.

Эжектор. Служит для создания вакуума в тех узлах и трактах хлораторной установки и полного сведения хлор-газа с рабочей жидкостью. Для предотвращения попадания воды в вакуумную трубку в случае засорения эжектора перед эжектором установлен обратный клапан.

Принцип работы хлоратора.

При подаче рабочей жидкости (воды) на эжектор в вакуумной трубке создается разрежение. После открытия регулирующего клапана разрежение распространяется на ротаметр и первую часть мембранной камеры. Первая часть мембранной камеры через вентиляционную трубку соединяется с атмосферой, и постоянно находится под атмосферным давлением, которое смещает мембрану влево и открывает предохранительный клапан. Теперь под разрежением находится вся система вплоть до вентиля, отсекающего емкость для хранения хлора от хлоратора. При открывании вентиля хлор-газ поступает в хлоратор.

Количество поступающего в хлоратор хлор-газа зависит от степени открытия предохранительного клапана, которая в свою очередь зависит от величины отклонения влево мембраны. Величина отклонения мембраны определяется разностью давлений в правой и левой части мембранной камеры. Так как в правой части мембранной камеры давление постоянное (атмосферное), расход хлора определяется степенью разряжения в левой части мембранной камеры, которая изменяется с помощью регулирующего клапана.

4. Оценка воздействия схемы подготовки хозяйственно-питьевой воды и воды для подпитки тепловой сети на окружающую среду.

Характеристика проектируемого объекта.

В дипломном проекте разработана схема реконструкции подготовки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения ТЭЦ горячего водоснабжения жилищно-коммунального сектора левобережных районов города.

Характеристика источника водоснабжения.

Источником водоснабжения ТЭЦ является собственный подрусловый водозабор инфильтрационного типа, расположенный на острове Осиновский реки.

Река имеет следующие характеристики:

- минимальный расход 95% обеспеченности -
- средняя скорость течения реки -
- льдообразования - нет.

Гидрохимическая характеристика по контролируемым показателям качества воды подземного источника а также гигиенические показатели в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 приведены в таблице.

Таблица 6 - Исходные и нормативные данные.

Показатели	Ед. изм.	Качество подземной воды	Нормативные требования к каче- ству питьевой воды	
			ПДК, мг/л	Класс опасности
Обобщенные показатели.				
Водородный показатель	ед.	7,45	6-9	
Общая минерализация (су- хой остаток)	мг/дм	81,47	Не более 1000(1500)	
Жесткость общая	мг- экв/дм ³	1,62	Не более 7 (10)	

Продолжение таблицы 6

Показатели	Ед. изм.	Качество подземной воды	Нормативные требования к каче- ству питьевой воды		
			ПДК, мг/л	Класс опасности	
Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	1,15	5		
Нефтепродукты, суммарно	мг/дм ³	0,07	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/дм ³	Менее 0,01	5		
Фенольный индекс	мг/дм ³	Менее 0,002	0,25		
Органолептические показатели.					
Запах	баллы	1	2		
Привкус		1	2		
Цветность	градусы	4,46	20		
Мутность	мг/дм	0,137	1,5		
Неорганические показатели.					
Железо (Fe, суммарно)	мг/дм ³	0,05	0,3	Орг.	3
Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм ³	0,011	0,1	Орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/дм ³	Менее 0,002	1,0	Орг.	3
Молибден (Mo, суммарно)	мг/дм ³	Менее 0,01	0,25	С-т	2
Мышьяк (As, суммарно)	мг/дм ³	Менее 0,005	0,05	С-т	2
Нитраты (по КО ₃)	мг/дм ³	1,37	45	С-т	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/дм ³	Менее 0,00011	0,0005	С-т	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/дм ³	0,007	0,03	С-т	2
Селен (Se, суммарно)	мг/дм ³	Менее 0,0005	0,01	С-т	2
Стронций (Sr ²⁺)	мг/дм ³	0,13±0,004	7,0	С-т	2
Сульфаты (SO ⁴⁻)	мг/дм ³	5,08	500	Орг.	4
Фториды (F ⁻)	мг/дм ³	0,087	1,5	-	-
Хлориды (Cl ⁻)	мг/дм ³	3,89	350	Орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/дм ³	Менее 0,002	0,05	С-т	3
Цианиды (CN ⁻)	мг/дм ³	Менее 0,01	0,035	С-т	2
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	0,004	5,0	Орг.	3

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле

$$\frac{c^{\wedge}}{\text{факт.}^{\wedge} \text{ доп.}} + \frac{c^{\prime\prime}}{\text{факт.}^{\wedge} \text{ доп.}}$$

где: C^1, C^2, C^n - концентрации индивидуальных химических веществ 1 и 2 класса опасности: факт. (фактическая) и доп. (допустимая).

$$\frac{0,01}{0,25} + \frac{0,005}{0,05} + \frac{0,00011}{0,0005} + \frac{0,007}{0,03} + \frac{0,0005}{0,01} + \frac{0,004}{7,0} + \frac{0,01}{0,035} = 0,92$$

Вывод: качество воды в водном объекте соответствует требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого назначения. Вода может быть использована в качестве источника хозяйственно-питьевого назначения после хлорирования с целью обеззараживания и предотвращения биологических обрастаний внутренних поверхностей труб.

Технологическая схема водоподготовки.

Реконструкция системы подготовки воды:

- для хозяйственно-питьевого водоснабжения ТЭЦ включает процесс обеззараживания воды из источника;
- для горячего водоснабжения жилищно-коммунального сектора районов города включает процессы обеззараживания и обработку антинакипином.

Для обеззараживания предусмотрена обработка газообразным хлором (с производительностью по хлору 6,12 кг/час).

Для подготовки подпиточной воды теплосети предусмотрена обработка ингибитором АФОН 230-23А (с дозой 4,21 кг/час).

Технология водоподготовки

с точки зрения возможного воздействия на окружающую среду.

Реконструкция системы водоподготовки включает замену основного водоподготовительного оборудования (ионообменные фильтры, баки хранения реагентов, баки запаса воды, помещения для хранения соли и т.д.).

Таким образом, при обработке воды ингибитором коррозии полностью исключен сброс регенерационных и отмывочных вод. В результате техноло-

гического процесса подготовки воды образуются лишь газообразные отходы при хлорировании.

Количественная оценка антропогенного воздействия.

Оценка воздействия на атмосферный воздух.

Расчет загрязнения атмосферы выбросами при хлорировании хозяйственной воды проведем в соответствии с [15].

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при неблагоприятных метеорологических условиях определить, мг/м³, по формуле:

$$C_{\text{ггс}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H' \cdot \sqrt{U} \cdot AT} = \frac{200 \cdot 0,0017 \cdot 1 \cdot 1,38 \cdot 1,78}{15^2 \cdot \sqrt{2,82} \cdot 9} = 0,0012 \text{ мг/м}^3 \quad \text{где:}$$

A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания веществ, $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{3}$

$\frac{с^{2,3}}{с^{2,3}}$ мг град^{1/3} /г (значение коэффициента A принять для неблагоприятных метеорологических условий районов Сибири =200); M - масса выбрасываемого вредного вещества, г/с;

Масса выбрасываемого хлора (M) принята из расчета нормативных потерь 0,1% и составляет: $M = \frac{0,001 \cdot 6,12 \cdot 1000}{3600} = 0,0017 \text{ г/с}$

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для газообразных веществ $F=1$; V_j - расход газовой воздушной смеси, м³/с;

Объем выброса (V) принят из расчета 6-ти кратного вентиляционного воздухообмена, м³/ч.;

$$V_j = \frac{6 \cdot 1690}{3600} = 2,82 \text{ г/с}$$

H - высота источника выбросов, м; 15 (фактическая); AT - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси; (Tг) и температурой окружающего воздуха (Tв)°C ; AT=9,5 °C; Дэ - эквивалентный диаметр устья источника выбросов, м, 0,63; WQ - скорость выхода газовой смеси, м/с;

$$m = \frac{H^2 - AT^2}{4 \cdot IS^2}$$

m; n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выбросов;

Коэффициент m определить в зависимости от K,

$$H^2 - AT^2 = 15^2 - 9,5^2$$

при K < 100

$$m = \frac{H^2 - AT^2}{Q,67 + Q,34VK} = \frac{15^2 - 9,5^2}{Q,67 + Q,34 \cdot 0,0027} = 1,38$$

Коэффициент n определить в зависимости от Vм

$$n = \frac{V_m^{2,82} \cdot 9,5^2}{15^2} = 0,79$$

$$\text{при } n = Q,532 \cdot V^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13 = 1,78$$

Вывод: при рассеивании вентиляционных выбросов устанавливается максимальная приземная концентрация равная 0,0012 мг/м³, что не превышает ПДКМР. =0,1 мг/м³ и ПДК^с = 0,03 мг/м³ и составляет менее 0,1 ПДК^с, т.е. при нормально работающем режиме хлораторной воздействие на окружающую среду незначительно и не превышает нормативных требований.

4.1. Оценка эффективности проектной абсорбционной установки

поглощения аварийных выбросов хлора (санитарной колонны - скруббера) и возможные варианты реконструкции системы дегазации загазованного воздуха при аварийных ситуациях.

Очистка воздуха от хлора широко используется в промышленности. Такая задача возникает в связи с производством, сжижением, транспортировкой и

хранением хлора, при обеззараживании воды хлорированием, в производстве хлоруглеводородов.

В хлорных производствах и при хлорировании воды для очистки выбрасываемых в атмосферу газов используются санитарные колонны, в которых ведется хемосорбционная очистка газа от хлора превращением его в нелетучие соли за счет химической реакции с активным реагентом. Обычно в качестве хемосорбентов используются водные растворы каустика, кальцинированной соды, известкового молока.

Сведения об условиях проведения таких процессов в литературе скудны, кинетика и физико-химический механизм процесса хемосорбции хлора практически не изучены. Отсутствуют данные о константах скоростей реакций, фазовых равновесий, о коэффициентах массопередачи, коэффициентах ускорения массопередачи за счет химической реакции.

Расчет массообменных процессов, осложненных химической реакцией, сложен и не имеет общего решения. В литературе нет работ, рассматривающих хемосорбцию хлора в условиях сильной нестационарности, которая имеет место при аварийных выбросах хлора. В таких случаях расчет и проектирование аппарата и процесса осложняется тем, что орошение санитарной колонны ведется хемосорбентом с изменяющимся содержанием активного реагента в жидкости и снижающимся количеством хлора, поступающим на хемосорбцию, от внезапного «залпового» поступления в колонну до низких концентраций. Скорость процесса при этом также меняется от очень высокой до низкой, характерной для обычной физической абсорбции.

При такой очистке воздуха задача состоит не только в снижении концентрации хлора в выбрасываемом воздухе до значений, близких к ПДК, т.е. менее 1 мг/м^3 , но и в том, чтобы снизить его концентрацию в рабочем помещении (и достаточно быстро) до ПДК и ниже.

Этот процесс зависит от эффективности и производительности хемосорбционной колонны.

Задача проектирования хемосорбционной колонны заключается в следующем:

- рассчитать размеры основных конструктивных элементов хемосорбционной колонны, использование которой может исключить попадание хлора в атмосферу в условиях его внезапного аварийного выброса при самых опасных аварийных ситуациях (например, при полной разгерметизации одного из контейнеров с хлором и истечении всего хлора в течение нескольких минут в помещении склада);
- обеспечить очистку газа в помещении склада хлора в приемлемый отрезок времени (не более одной смены, т.е. за 6-8 часов);
- обеспечить безопасность и экономичность процесса, и простоту обслуживания установки.

Существующая абсорбционная установка аварийных выбросов хлора состоит из двух аварийных вентиляторов ВЦ4-70, железобетонной насадочной колонны, резервуара нейтрализующего раствора объемом около 38 м³, двух центробежных насосов нейтрализующего раствора типа Х 80-50- 150-С и затворного бака для приготовления поглотительного раствора.

Исходные данные для расчета.

1. Производительность аварийного вентилятора V , м/сек - 1,8;
2. Производительность насоса нейтрализующего раствора W , м /сек - 0,014;
3. Напор насоса нейтрализующего раствора, м. вод. ст. - 32;
4. Количество колонн N , шт. - 1;
5. Диаметр колонна: внутренний D_k , м - 2,0;
6. Площадь свободного сечения колонны S , м - 3,14;
7. Высота насадочного слоя колонна: $H_{нас}$, м - 3,0;
8. Тип насадки - кольца Рашига 50x50;
9. Эквивалентный диаметр насадки d , м- 0,05;
10. Тип распределителя жидкости - перфорированная труба;
11. Тип хемосорбента - 10% раствор кальцинированной соды.

*Расчет степени очистки аварийного выброса
от хлора в существующей установке.*

Составим материальный баланс процесса нейтрализации аварийного выброса в существующей установке, из которого определим максимально допустимую концентрацию хлора (X) во входящем газе.

$W \cdot P_n \cdot Y_n = V \cdot P_a \cdot X \cdot n$, где:

$W = 0,014 \text{ м}^3/\text{сек}$ - объемная производительность насоса поглотительного раствора;

$P_a = (20^\circ \text{C}) = 1116 \text{ кг}/\text{м}^3$ - плотность 10% раствора кальцинированной соды; $Y_n = 0,1$

Y_n - массовая доля кальцинированной соды в поглотительном растворе; $n = 1,5$ -

минимальный избыток кальцинированной соды в растворе по отношению к ко-

личеству хлора, необходимый для эффективной абсорбции; $V = 1,8 \text{ м}^3/\text{сек}$ -

объемный расход газа на очистку от хлора;

$(20^\circ \text{C}, P = 1 \text{ атм}) = 2,99 \text{ кг}/\text{м}^3$ - плотность сухого газообразного хлора; X - допустимая доля хлора в газе, поступающем на очистку.

После преобразований формулы получим:

$$X = \frac{W \cdot P_n \cdot Y_n}{V \cdot n \cdot P_a} = \frac{0,014 \cdot 1116 \cdot 0,1}{1,8 \cdot 2,99 \cdot 1,5} = 0,17$$

Таким образом, из условий материального баланса количество действующего вещества в поглотительном растворе обеспечивает поглощение хлор-газа с концентрацией на входе в поглотительную колонну не более 570 г/м³ (при $t=20^\circ \text{C}$) при существующей производительности аварийной вентиляции.

Кроме того, учитывая опыт эксплуатации аналогичных колонн, следует ожидать, что из-за недостаточного времени пребывания хлор-газа в зоне реакции (в насадочном слое) поглотительная установка не обеспечит необходимой степени очистки поступающего воздуха от хлора.

Рассчитаем степень очистки поступающего хлор-газа в существующей установке.

Определим промежуточные величины, необходимые для расчета эффективности существующей колонны:

1. Плотность орошения, L - часовой расход поглотительного раствора, проходящий через единицу свободного сечения колонны.

$$L = \frac{W \cdot 3600}{N \cdot S} = \frac{0,014 \cdot 3600}{1^{3,14}} = 16 \text{ м / м} \cdot \text{час}$$

2. Линейная скорость газа в свободном сечении колонны w :

$$w = \frac{L}{N \cdot S} = \frac{16}{1^{3,14}} = 0,57 \text{ м / сек}$$

3. Высоту единицы переноса по газовой фазе (ВЕП) определим по экспериментальным данным для данного конструктивного типа колонны, гидродинамического режима и вида поглотителя.

$$ВЕП = 0,5 \text{ м}$$

4. Число единиц переноса (N_{ou}) существующей колонны определим из формулы для определения высоты слоя насадки при заданной степени очистки газа:

$$H_{нас} = (ВЕП) \cdot N_{ou} \cdot (КМП) \quad \text{где:}$$

$H_{нас}$ - 3,0 м - высота слоя насадки существующей колонны; N_{ou} - число единиц переноса; $КМП$ - коэффициент масштабного перехода.

$КМП$ вычисляется по формуле:

$$КМП = 1 + \frac{2 \sqrt{L}}{10 \cdot d,,}$$

где:

$\lambda = 0,6$ - коэффициент неравномерности орошения для распределителя жидкости типа «перфорированная труба»; $d = 2,0\text{ м}$ - внутренний диаметр колонны; $d_{\text{экв}} = 0,05\text{ м}$ - эквивалентный диаметр насадки.

Подставляя значения величин в формулу, получим:

$$0,6 \cdot 10 \cdot 0,05$$

Преобразовав формулу относительно $(No_{\text{у}})$ и подставив численные значения, получим:

$$N = \frac{0,6 \cdot 10 \cdot 0,05}{(BEI) \cdot (\lambda \cdot \Pi) \cdot 0,5^{1,8}} = 3,3$$

5. Степень конверсии хлора (λ) в колонне может быть определена из следующей формулы:

$$N = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{C_{\text{н}}}{C_{\text{к}}}\right)$$

Откуда:

$$\lambda = \frac{1}{N} \ln\left(\frac{C_{\text{н}}}{C_{\text{к}}}\right) = \frac{1}{3,3} \ln\left(\frac{570}{20,28}\right) = 0,9644$$

То есть, при поступлении на вход колонны воздуха, загрязненного хлором с концентрацией $C_{\text{н}} = 570\text{ г/м}^3$ на выходе из колонны можно добиться снижения концентрации хлора до значения:

$$C_{\text{к}} = C_{\text{н}}(1 - \lambda) = 570 \cdot 0,03557 = 20,28\text{ г/м}^3$$

Следует отметить, что максимально допустимая из условий материального баланса и производительности аварийной вентиляции концентрация хлора в воздухе, поступающем на очистку (570 г/м^3), в условиях крупной аварии в помещении склада (например, разрыв контейнера или отрыв вентиля и утечка хлора по жидкой фазе) может быть существенно превышена. В этом случае концентрация хлора в выбрасываемом воздухе значительно возрастет.

Так при концентрации хлора в воздухе, поступающем на очистку равной 1000 г/м^3 , концентрация хлора выбрасываемого в атмосферу после очистки в существующей поглотительной установке составит около 50 г/м^3 .

Даже при последующем рассеивании выброса через существующую трубу высотой 15 метров на территории промплощадки создадутся условия опасные для жизни персонала предприятия.

Таким образом, существующая колонна не обеспечивает необходимой степени очистки и должна быть модернизирована или заменена на более эффективный аппарат.

*Возможные варианты реконструкции системы дегазации
загазованного воздуха при аварийных ситуациях.*

Согласно требований Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ 09-594-03) системы и технические средства поглощения, локализации и/или рассеивания аварийного выброса должны:

- обеспечивать локализацию и (или) рассеивание хлора до безопасных концентраций при его утечке из аварийного контейнера;
- производительность системы аварийного поглощения хлора и запас поглощающих средств должны быть обоснованы проектом и достаточны для локализации аварийной ситуации;
- быть оборудованы средствами автоматического запуска по сигналу автоматической системы обнаружения и контроля хлора в воздухе склада.

Вариант 1 предусматривает:

- сооружение дополнительной колонны аналогичной существующей с высотой слоя насадки из колец Рашига 50×50 равной 3 метрам;
- включение двух колонн в схему последовательно по газу и параллельно по орошению поглотительным раствором,

- замену центробежных насосов поглотительного раствора на более производительные (до 100-120 м /час) или установку дополнительных насосов, на недостающую производительность.
- применение аварийных вентиляторов, обеспечивающих преодоление дополнительного сопротивления по газовому тракту.

При реализации такого варианта реконструкции число единиц переноса = 6,6, а степень конверсии хлора $ср = 0,99864$

Такая реконструкция обеспечит снижение концентрации хлора на выходе после колонны в 735 раз, что с учетом рассеивания аварийного выброса из трубы высотой 15 метров, обеспечивает безопасность персонала и окружающего населения даже при 100% концентрации хлора на входе в скрубберы.

Вариант 2 предусматривает применение абсорбционной установки обезвреживания аварийных выбросов хлора с использованием аппарата «Олимп - 2002» с ткаными сетчатыми барботажными тарелками провального типа.

Оба варианта реконструкции должны предусматривать модернизацию резервуара нейтрализующего раствора.

4.2. Проектирование зон санитарной охраны водозаборных сооружений.

Для обеспечения санитарно эпидемиологической надежности системы водоснабжения запроектированы зоны санитарной охраны:

- источника хозяйственно-питьевого назначения;
- водопроводных сооружений;
- водопроводов.

Организация и эксплуатация зон санитарной охраны (ЗСО) источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения».

Зоны санитарной охраны организуются на всех водопроводах, вне зависимости от ведомственной принадлежности, подающих воду, как из поверхностных, так и из подземных источников.

Основной целью создания и обеспечения режима в ЗСО является санитарная охрана от загрязнения источников водоснабжения и водопроводных сооружений, а также территорий, на которых они расположены.

Зоны санитарной охраны организуются в составе трех поясов:

- первый пояс (строгoго режима) включает территорию расположения водозаборов, площадок всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение - защита места водозабора и водозаборных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения.
- второй и третий пояса (пояса ограничений) включают территорию, предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения.

ТЭЦ осуществляет специальное пользование водным объектом реки Енисей с целью добычи подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Добыча подземных вод осуществляется водозабором инфильтрационного типа, состоящего из 19 скважин, расположенных на о. Осиновский реки.

Земельный участок, занимаемый водозаборными сооружениями представляет горный обвал, площадью 22,67 га, с ограничением по глубине в 18 м.

Эксплуатации подлежат подземные воды современных четвертичных отложений, восполнение которых происходит за счет реки.

В состав водозаборных сооружений ТЭЦ входят: 19 скважин, насосные станции I и II подъема, хлораторная установка, два резервуара для воды по 6000 м³ каждый, камера переключений.

Первый пояс зоны санитарной охраны источника.

Границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока включают прибрежную территорию между водозабором и урезом реки, т.к. расстояние между водозабором и водотоком менее 150 м.

Граница 1 пояса ЗСО проходит в пределах о. Осиновкий.

ЗСО 1 пояса водозабора благоустроена, озеленена и организована следующим образом: территория ограждена колючей проволокой на расстоянии 120 м по периметру на протяжении всего водозабора, через 50 м. установлены указатели, соответствующие требованиям. Все здания канализованы. Предусмотрен отвод поверхностных вод за пределы первого пояса. Допускается только санитарная рубка леса.

На территории первого пояса зоны запрещены:

- все виды строительства, за исключением реконструкции или расширения основных водопроводных сооружений;
- размещение жилых и общественных зданий, проживание людей, в том числе работающих на водопроводе;
- прокладка трубопроводов различного назначения, за исключением трубопроводов обслуживающих водопроводные сооружения;

- выпуск в источник водоснабжения сточных вод, купание и выпас скота, стирка белья и рыбная ловля, применения для растений удобрений и ядохимикатов.

Второй пояс санитарной охраны источника

Границы второго пояса санитарной охраны источника установлены следующих размеров:

- вверх по течению, исходя из 3 суточного времени протекания воды водотока от границы пояса и равной $L = 3 \cdot v \cdot 3600 \cdot 24 = 3 \cdot 0,7 \cdot 3600 \cdot 24 = 181,44 \text{ км}$

Верхняя граница II пояса ЗСО находится выше створа Красноярской ГЭС на 1,0 км вниз по течению 250 м.

Нижняя граница II пояса ЗСО проходит на 250 м ниже Кубековских островов.

Боковые границы (от уреза воды в водотоке) при холмистом рельефе 750 м от уреза воды.

На территории второго пояса зоны:

- осуществлено регулирование отведение территории для населенных пунктов, промышленных предприятий и объектов культурно-бытового назначения;
- благоустроены выше перечисленные объекты, предусмотрено организованное водоснабжение и водоотведение, устроены водонепроницаемые выгреба, отведены загрязненные поверхностные воды;
- регламентированы степень очистки сточных вод, сбрасываемых в водоток
- проведена санитарная рубка леса.

На территории второго пояса запрещается:

- загрязнение территории нечистотами, мусором, навозом и промышленными отходами;
- размещение складов ГСМ, ядохимикатов, удобрений, накопителей, шламохранилищ;
- применение удобрений и ядохимикатов;
- расположение пастбищ в прибрежной полосе шириной до 300м;
- добыча песка и гравия из водохранилища и дноуглубительные работы.

Третья зона санитарной охраны.

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны:

- верхняя и нижняя границы также как для второго пояса ЗСО;
- боковые границы проходят по линии водораздела р. Енисей и его притоков на расстоянии 3 км.

Мероприятия по организации третьего пояса зоны санитарной охраны аналогичны мероприятиям, проводимым во втором поясе в пределах 3-5км/

Зоны санитарной охраны водопровода

Зоны санитарной охраны предусматриваются в целях санитарно-эпидемиологической надежности водопровода.

Зоны санитарной охраны водопровода включают зону источника водоснабжения в месте забора воды (включая водозаборные сооружения), зону и санитарно-защитную полосу водопроводных сооружений (насосных станций, станции подготовки воды, емкостей) и санитарно-защитную полосу водоводов.

Зона санитарной охраны водопроводных сооружений состоит из первого пояса и санитарно-защитной полосы.

Граница первого пояса совпадает с ограждением площадки сооружений и предусмотрена на расстоянии: от стен РЧВ не менее 30м; от стен остальных сооружений - не менее 15м.

Так как в проекте водопроводные сооружения расположены в пределах первого пояса зоны санитарной охраны, то санитарно-защитная полоса (не менее 100м) не предусмотрена.

Ширина санитарно-защитной полосы водоводов принята:

- в незастроенной территории от крайних водоводов при прокладке в сухих грунтах- 10м, при прокладке в мокрых грунтах - 20м (диаметр водоводов до 1000мм);
- в застроенной территории - по согласованию с органами СЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрено водоснабжение ТЭЦ.

Источником водоснабжения ТЭЦ является собственный подрусловый водозабор инфильтрационного типа, расположенный на острове.

Водозаборные сооружения инфильтрационного типа производительностью 3000 м³/час представляют собой 19 скважин глубиной до 14 метров, соединенных сифонными водоводами с водоприемными колодцами насосных станций 1-подъема №1 и №2. Из водоприемных колодцев насосных станций 1-подъема центробежными насосами по напорным водоводам вода подается в резервуары сырой воды (РСВ №1,2) объемом по 6000 м³ каждый, расположенных на территории насосной станции 11 - подъема. Водозаборные сооружения предназначены для хозяйственно-питьевого водоснабжения ТЭЦ и горячего водоснабжения жилых районов города.

Водоподготовительная установка предназначена для подготовки подпиточной воды тепловой сети с открытым горячим водоразбором, состоит из трех блоков. Общая производительность 2829 м³/час, (каждый блок по 943 м³/час).

Для повышения уровня безопасности хлораторной установки и приведение к требованиям «Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора» (ПБ 09-594-03) в работе предусматривается применение следующих решений:

- применение хлораторов «АДВАНС» фирмы «ВЭДЭКО-КФТ» (Венгрия), имеющие разрешение Госгортехнадзора РФ на применение на хлорных объектах; вместо хлораторов ЛОНИИ-100КМ

- организация отбора хлора из контейнера из газовой фазы, что позволит исключить из схемы дозирования испарители хлора, не имеющие разрешения Госгортехнадзора РФ;

- для нейтрализации аварийных выбросов хлора предусматривается применение аппарата обеззараживания хлора «ОЛИМП-2002», разработанный ЗАО «ОЛИМП» г. Санкт-Петербург, имеющего разрешение Госгортехнадзора РФ,

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНИХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000 г.
- 2 ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.
- 3 ГОСТ 2761-84* «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» от 27 ноября 1984 г. N 4013.
- 4 СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества». Минздрав России. М.: 2002г., 103 с.
- 5 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. ГОСКОМГИДРОМЕТ
- 6 СанПиН 2.2.1./2.1.1 1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». (Новая редакция от 1.03.2008).
- 7 СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*; введ. 01.01.2013. - Москва: Мин-регион России, 2012. - 156 с.
- 8 Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. - М.: Высш. шк., 1995. - 431 с.
- 9 Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб/Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. - М.: Стройиздат, 1984. - 116 с.
- 10 Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/Под ред. А.С. Москвитина. - М.: Стройиздат, 1979. - 430 с.
- 13 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 209 с.
- 14 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 324 с.
- 15 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т 1. Системы распределения и подачи воды / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 188 с.

18 СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002 г.

19 СанПиН 2.1.7. 1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. М.: Минздрав РФ, 2003 г.

20 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования; введ. 01.05.2009 - Москва 2009. - 102 с.

21 СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Организация учета и хранения документов. - введ. 09.01.14. - Красноярск: ИПК СФУ, 2014. - 60 с.

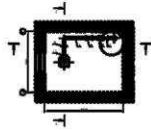
22 СП32.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02.-84*

СВАЖИННЫЙ ВОДОЗАБОР С ПАВИЛЬОНОМ НАЗЕМНОГО ТИПА

Сважинный насос
Grundfos SP 125-2-AA



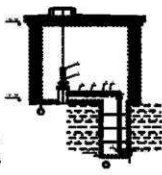
План на отметке 0.00 (131,50)
М 1:5000



Разрез 2-2



Разрез 1-1



Геолого-технический разрез

Глубина, м	Средняя температура, °С	Средняя влажность, %	Средняя пористость, %	Средняя проницаемость, мД	Средняя водопроницаемость, мД	Средняя водоудерживающая способность, %	Средняя водоотдача, %	Средняя водопроницаемость, мД	Средняя водоудерживающая способность, %	Средняя водоотдача, %
0-0,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
0,5-1,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
1,0-1,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
1,5-2,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
2,0-2,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
2,5-3,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
3,0-3,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
3,5-4,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
4,0-4,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
4,5-5,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
5,0-5,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
5,5-6,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
6,0-6,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
6,5-7,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
7,0-7,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
7,5-8,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
8,0-8,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
8,5-9,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
9,0-9,5	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15
9,5-10,0	12,5	65	15	0,1	0,1	85	15	0,1	85	15

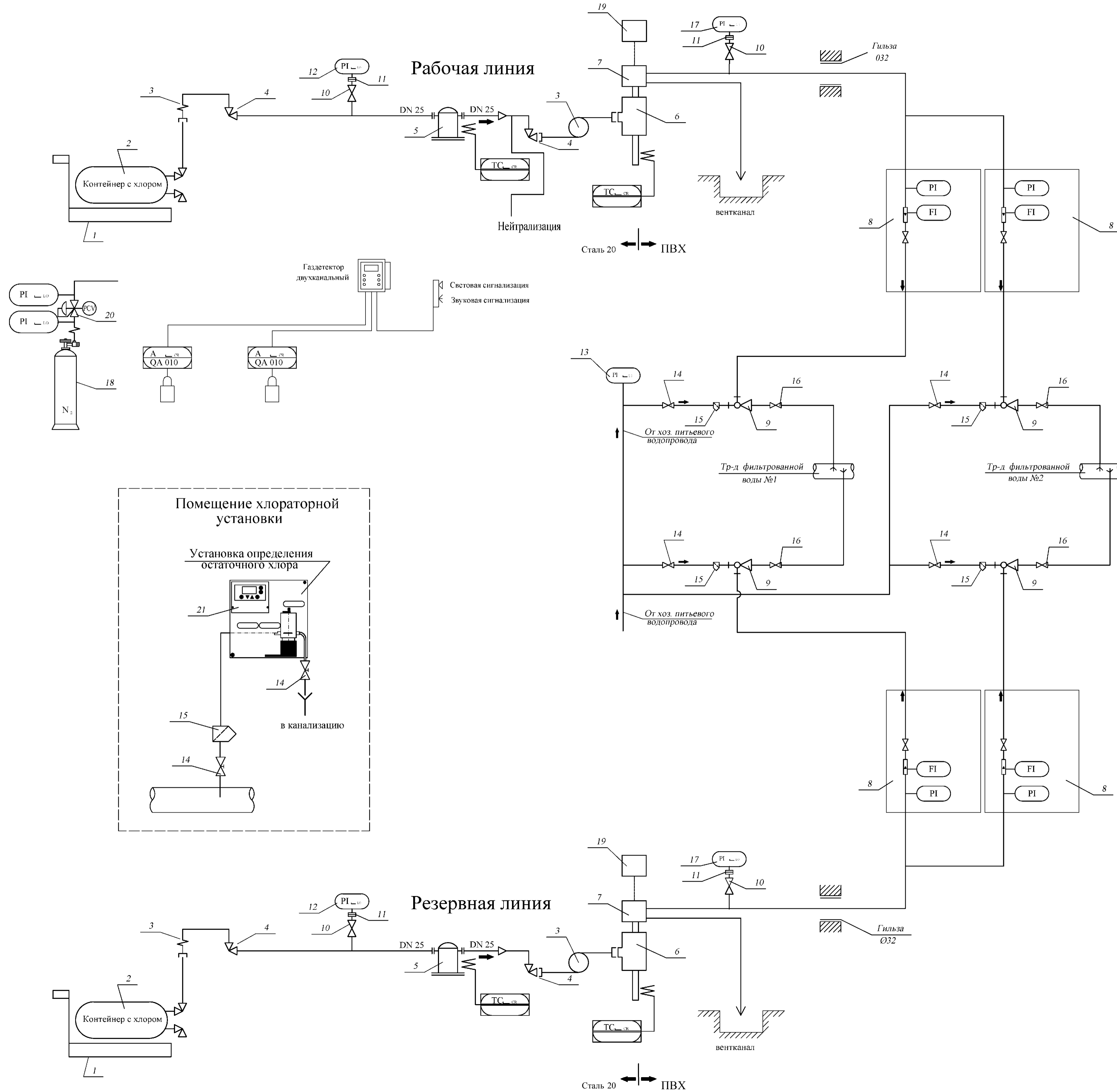
Спецификация

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Сважинный насос Grundfos SP 125-2-AA	шт.	1	
2	Фильтр водозаборной скважины	шт.	1	
3	Скважинный насос Grundfos SP 125-2-AA	шт.	1	
4	Фильтр водозаборной скважины	шт.	1	
5	Скважинный насос Grundfos SP 125-2-AA	шт.	1	
6	Фильтр водозаборной скважины	шт.	1	
7	Скважинный насос Grundfos SP 125-2-AA	шт.	1	
8	Фильтр водозаборной скважины	шт.	1	
9	Скважинный насос Grundfos SP 125-2-AA	шт.	1	
10	Фильтр водозаборной скважины	шт.	1	

Фильтр водозаборной скважины



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА



Спецификация оборудования

Поз.	Наименование	Тип, марка	Кол	Масса ед. кг	Примечание
1	Весы напольные 2т		2		Существующие
2	Контейнер с хлором		2		Существующие
3	Компенсатор	X-228-1	4	1,2	EKOVIS
4	Клапан угловой цапковый	15мн 93 бк 1	4	0,9	ПАЗ
5	Фильтр с эл. подогревом	А-329	2	22	EKOVIS
6	Стойка с фильтром	X-398	2	12	EKOVIS
7	Вакуумный регулятор	HP-137	2	13	EKOVIS
8	Панель дистанционного управления	P-156-2	2	1	EKOVIS
9	Эжектор	BM-108	4	1	EKOVIS
10	Вентиль игольчатый	910.11-11-G-3	4	1,2	WIKА
11	Разделитель штуцерный	B-FS223A 1,6МПа	4	1,2	WIKА
12	Манометр	111.10.100-P (1,6МПа)	2	1,2	WIKА
13	Манометр	111.10.100-P (1,0МПа)	1	1,2	Россия
14	Кран шаровый Ду 25	11Б27п1	6	3,5	Россия
15	Фильтр сетчатый Ду 25	ФС 25	5	3,5	Россия
16	Клапан запорный мембран.	15ч75п1	4	3,5	Россия
17	Манометр	111.10.100-P (0,1/0 МПа)	2	1,2	Россия
18	Баллон с азотом		1		Существующий
19	Сигнализатор прекращения подачи хлора	КИВ - 03	2	1,5	EKOVIS
20	Редукционный клапан	БКО-50-12,5	1	1,4	Существующий
21	Установка определения остаточного хлора	DMTAW090C00E	1	1,5	ПроМинент

ВКР-08.03.01.06-2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
«Инженерные системы зданий и сооружений»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой

 Мариушенко А.И.

подпись инициалы, фамилия

« 5 » 07 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»
код- наименования направления

Водоснабжение ТЭЦ,
тема

Пояснительная записка

Руководитель

 5.08.19 доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Т.Я. Пазенко
инициалы, фамилия

Выпускник

 5.07.19
подпись, дата

Д.В. Шульгин
инициалы, фамилия

Нормоконтроль

 5.08.19
подпись, дата

Т.Я. Пазенко.
инициалы, фамилия

Красноярск 2019