

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

Политехнический институт

Кафедра ТЭС

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.А.Бойко

_____ подпись инициалы, фамилия

«__» _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 - «Теплоэнергетика и теплотехника»

Разработка ВПУ для ТЭЦ 180 МВт в г. Ужур

Руководитель _____ старший преподаватель

подпись, дата должность, ученая степень

Т.И. Охорзина

инициалы, фамилия

Выпускник _____

подпись, дата

Н.Г. Гондаренко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____

подпись, дата

П.В. Шишмарев

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

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

Политехнический институт

Кафедра ТЭС

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е.А.Бойко
подпись инициалы, фамилия
« __ » _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы

Студенту Гондаренко Никите Григорьевичу

Группа ФЭ 12-01Б Направление (специальность) 13.03.01
«Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема выпускной квалификационной работы Разработка ВПУ для ТЭЦ - 180 МВт в г. Ужур

Утверждена приказом по университету № 5781/с от 28.04.16

Руководитель ВКР Т. И. Охорзина, старший преподаватель кафедры «ТЭС»

Исходные данные для ВКР: ТЭЦ - 180 МВт г. Ужур, река Чернавка, турбины ПТ-60-130, котлы БКЗ – 420-140.

Перечень разделов ВКР

1. Общая часть;

2. Расчетная часть;

3. Выбор схемы ВПУ и ее расчет;

4. Экономическая часть;

5. Безопасность проектируемого объекта;

6. Охрана окружающей среды;

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов

Лист 1. Самопромывной механический фильтр;

Лист 2. Обратноосматический аппарат рулонного типа;

Лист 3. Принципиальная схема ВПУ с обратным осмосом;

Лист 4. Ультрафильтрационный аппарат;

Лист 5. Тепловая схема блока ПТ 60-130;

Руководитель ВКР _____

(подпись)

Т.И. Охорзина

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

Н.Г. Гондаренко

(инициалы и фамилия студента)

«__» _____ 20__ г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка ВПУ для ТЭЦ-180 МВт в г.Ужур» содержит 59 страниц текстового документа, 16 использованных источников, 5 листов графического материала , 5 приложений.

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ, ОБРАТНЫЙ ОСМОС, МЕХАНИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР, СХЕМА ВПУ, ТЕПЛОВАЯ СХЕМА.

Объект - ТЭЦ - 180 МВт г. Ужур.

Цели работы:

- выбор основного и вспомогательного оборудования;
- проект ВПУ;
- оценка экологической стороны проекта;

В результате проекта ТЭЦ мощностью 180 МВт было выбрано оборудование, которое характерно для выработки данной мощности и имеющей долгий срок службы. Так же выбрана схема ВПУ с выгодным, с точки зрения экономики и экологии, методом – обратный осмос.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Общая часть	4
1.1 Генеральный план	4
1.2 Компоновка главного корпуса	4
1.3 Основное оборудование и описание тепловой схемы.	5
2 Расчетная часть	8
2.1 Расчет технико-экономических показателей работы станции	8
2.2 Вспомогательное оборудование.	11
2.3 Система технического водоснабжения.	14
3 Выбор схемы ВПУ и ее расчет	15
3.1 Характеристика исходной воды	15
3.2 Выбор схемы ВПУ	16
3.3 Описание технологии обратного осмоса	17
3.4 Применение обратного осмоса при обессоливании воды	18
3.5 Установка самопромывных механических фильтров	20
3.6 Описание работы самопромывного фильтра	21
3.7 Расчет натрий-катионитовых фильтров	23
3.8 Расчет установки обратного осмоса	28
3.9 Расчет установки ультрафильтрации	34
3.10 Расчет механических фильтров	39
3.11 Расчёт осветлителя	41
4 Экономическая часть	45
5 Безопасность проектируемого объекта	48
5.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасности и безвредных условий труда	48
5.2 Производственная санитария	50
5.2.1 Микроклимат производственных помещений	50
5.3 Защита от вредных веществ в воздухе рабочей зоны	53
6 Охрана окружающей среды	54
Заключение	56
Список использованных источников	57

ВВЕДЕНИЕ

Основным источником получения воды для тех или иных производственных нужд является природная вода – одна из главных составляющих природной системы.

Природная вода служит зоной обитания живых организмов, обеспечивая жизнедеятельность всего живого на Земле.

Она находится в контакте с другими составляющими природной среды, активно используется человеком в его хозяйственной деятельности. В технологиях различных производств воду широко используют в качестве теплоносителя, рабочего тела, растворителя или химического вещества. Вода естественных водоемов редко отвечает требованиям для прямого применения из-за содержания в ней различных примесей, которые удаляют перед ее использованием.

Комплекс технологических процессов удаления примесей для приведения качества воды в соответствие с необходимыми требованиями, называется водоподготовкой.

Технологии получения чистой воды включают ряд сложных физикохимических процессов, состоящих из этапов удаления грубодисперсных примесей, коллоидных, ионодисперсных веществ и газов. Предложено множество способов водоподготовки для очистки воды.

Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, отдавая предпочтение какому-либо варианту, всегда приходится жертвовать положительными эффектами других. Поэтому при выборе технологической схемы водоприготовления специалисты обязаны провести в идентичных условиях сравнительный анализ альтернативных вариантов на основе строгого количественного и качественного анализа технико-экономических показателей.

В большей части естественных водоемов, которые прямо или косвенно включены в производственную деятельность человека, стали реальностью резкое нарушение экологического равновесия и процессы быстрой деградации экосферы из-за поступления и накопления различных химических веществ.

Согласно принципу Б. Коммонера – «все должно куда-то деваться». Следовательно, очистка – понятие относительное. Очистка одной среды – это загрязнение другой, особенно если последняя восприимчива к привнесенным из первой загрязняющим агентам.

При очистке воды извлекаемые из нее вещества вместе с отработавшими растворами реагентов обычно отводятся в окружающую среду, загрязняя ее. Поэтому применение новых технологий, способных одновременно повысить качество воды и максимально снизить экологический урон, в настоящее время имеет актуальное значение.

1 Общая часть

1.1 Генеральный план

Генеральный план – план размещения на выбранной производственной площадке электростанции, ее основных и вспомогательных сооружений. Генеральный план электростанции включает следующие производственные и подсобные здания и сооружения: главный корпус внутри которого размещается турбинное и котельное отделения, помещения для деаэраторов, щиты управления, оборудование пылеприготовления, бункера угля и пыли; топливоподача, состоящая из разгрузочного устройства, дробильного помещения, эстакад для ленточных транспортеров; склады топлива; распределительное устройство генераторного напряжения, повышающие трансформаторы и распределительные устройства, обычного открытого типа; дымовые трубы; химводоочистка; система технического водоснабжения; система золо и шлакоудаления с золоотвалами; мазутное хозяйство; здания и сооружения подсобного назначения: мастерские, склады, гараж, пожарная охрана, а также железнодорожные пути, автомобильные дороги, устройства водоснабжения, канализации.

Все здания и сооружения размещаются, как правило, в пределах основной ограды электростанции. Вне основной ограды размещаются золоотвалы, а также ряд других сооружений.

1.2 Компонировка главного корпуса

Главным корпусом электростанции называют главное ее здание, в котором размещают основное и связанное с ним вспомогательное оборудование. В главный корпус подается топливо, подлежащее использованию, вода для охлаждения отработавшего пара турбоагрегатов и для других целей. Из главного корпуса отводится охлаждающая вода после конденсаторов, дымовые газы котла, выводится конечная продукция – электрическая энергия и тепловая энергия с паром и горячей водой. Под компоновкой главного корпуса электростанции понимают взаимное размещение оборудования и строительных конструкций. При выборе компоновки главного корпуса основным является принцип размещения оборудования в соответствии с последовательностью технологического процесса.

Компоновка главного корпуса зависит от типа проектируемой ТЭС, мощности начальных параметров, назначения станции, вида топлива, климатических условий района и т.д.

1.3 Основное оборудование и описание тепловой схемы.

В данной работе представлен проект водоподготовительной установки ТЭЦ для г. Ужур электрической мощностью 180 МВт, максимальной отопительной мощностью 300 МВт и тепловой мощностью отопительных отборов 150 МВт. ТЭЦ работает на Ирша-Бородинском буром угле (Б2). В состав основного оборудования электростанции входят: три котла марки БКЗ – 420-140 и три турбоустановки с производственными и теплофикационными отборами пара ПТ-60-130

Принципиальная тепловая схема с турбиной ПТ-60-130 представлена на рисунке 1. Как видно из тепловой схемы отпуск тепла осуществляется из двух теплофикационных, регулируемых отборов. Отборный пар поступает на две сетевые подогревательные установки включенные последовательно.

Система регенерации состоит из трёх подогревателей низкого давления, деаэратора и трёх подогревателей высокого давления. Слив конденсата из подогревателей высокого давления (ПВД) – каскадный в деаэратор. Слив конденсата из подогревателей низкого давления (ПНД) – каскадный в ПНД № 1 и из него дренажным насосом (ДН) в линию основного конденсата. В схеме используется котел барабанного типа, непрерывная продувка котла направляется в двухступенчатый расширитель.

Для уменьшения тепловых потерь с продувочной водой используется поверхностный подогреватель химически очищенной воды (ПХОВ) из химводоочистки (ХВО). Из расширителя первой ступени выпар направляется в деаэратор, из расширителя второй ступени в подогреватель низкого давления.

Пар из уплотнений поступает в сальниковый подогреватель (ПУ), а из основных эжекторов конденсатора – в охладитель эжекторного пара (ОЭ), что способствует дополнительному обогреву основного конденсата.

Восполнение потерь конденсата химочищенной осуществляется в конденсатор.

Исходные данные для турбины ПТ-60-130[3]:

Электрическая мощность	$W_{э} = 60 \text{ МВт};$
Максимальная отопительная нагрузка	$Q_{от}^{max} = 100000 \text{ кВт};$
Тепловая мощность отопительных отборов	$Q_{от}^{турб} = 50000 \text{ кВт};$
Начальные параметры пара:	
Давление	$P_0 = 12,75 \text{ МПа};$
Температура	$t_0 = 565 \text{ }^\circ\text{C};$
Давление в конденсаторе турбины	$P_k = 0,0035 \text{ Мпа};$

Давление в отборах:

$$P_{от1} = 4,31 \text{ МПа};$$

$$P_{от2} = 2,55 \text{ МПа};$$

$$P_{от3} = 1,27 \text{ МПа};$$

$$P_{от4} = 0,559 \text{ МПа};$$

$$P_{от5} = 0,33 \text{ МПа};$$

$$P_{от6} = 0,118 \text{ МПа};$$

Расчётные значения внутреннего относительного КПД по отсекам:

$$\eta_{oi}^{ПВД} = 84,5\%; \quad \eta_{oi}^{ПНД} = 87,6\%;$$

КПД дросселирования по отсекам:

$$\eta_{др}^{ПВД} = 94,9\%; \quad \eta_{др}^{ПНД} = 97\%;$$

Принимаем данные из учебного пособия [4]:

Электромеханический КПД $\eta_{эм} = 0,98$.

Расход продувочной воды $\alpha_{прод} = 1,5\%$;

Расход пара на собственные нужды машинного отделения $\alpha_{сн}^{мс} = 1,2\%$;

Расход пара на собственные нужды котельного цеха $\alpha_{сн}^{кц} = 1,2\%$;

Внутростанционные потери конденсата $\alpha_{ут} = 1,1\%$;

Температура химически очищенной воды $t_{хов} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;

Нагрев воды в сальниковом и эжекторном подогревателях $\Delta t_{эж} + \Delta t_{сн} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$;

КПД подогревателей поверхностного типа $\eta_{то} = 0,98$.

Недогрев воды до температуры насыщения в ПВД $\vartheta_{пвд} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Недогрев воды до температуры насыщения в ПНД $\vartheta_{пнд} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.

2 Расчетная часть

2.1 Расчет технико-экономических показателей работы станции

Расход тепла на турбоустановку составит, кДж

$$\begin{aligned} Q_{my} &= D_T(i_0 - \bar{t}_{ns}) + D'_{em}(\bar{t}'_{em} - \bar{t}_{ns}) + D''_{em}(\bar{t}''_{em} - \bar{t}_{ns}) + G_{xos}(\bar{t}_{xos} \cdot C_g - \bar{t}_{ns}) = \\ &= 87,120 \cdot (3512,9 - 1040,221) + 0,5819 \cdot (2763,05 - 1040,221) + 0,097 \cdot (2558,4 - 1040,221) \\ &+ 3,742 \cdot (37,49 \cdot 4,186 - 1040,221) = 213333,5 \end{aligned} \quad (1)$$

Расход тепла на сетевые подогреватели и производство, кДж

$$\begin{aligned} Q_{np} &= D_{ok}(i_3 - \bar{t}_{ok}) + D_{нк}(i_3 - \bar{t}_{xos}) = \\ &29,9 \cdot (3000,2 - 80 \cdot 4,186) + 3,4 \cdot (3000,2 - 37,49 \cdot 4,186) = 89360,17 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Q_m &= D_{oc} \cdot (i_5 - \bar{t}_{oc}) + D_{нс} \cdot (i_6 - \bar{t}_{нс}) + D_{ok} \cdot (i_3 - \bar{t}_{ok}) + D_{нк} \cdot (i_3 - \bar{t}_{xos}) = \\ &(11,62 \cdot (2676 - 482,4) + 11,69 \cdot (2558,4 - 376,88) + 29,9 \cdot (3000,2 - 80 \cdot 4,186) + \\ &+ 3,4 \cdot (3000,2 - 37,49 \cdot 4,186)) = 140385,17 \end{aligned} \quad (3)$$

где $D_{нк}$ - доля невозвращенного конденсата.

Здесь расход тепла на производство электроэнергии, кДж

$$Q_{my}^o = Q_{my} - Q_m = 213333,5 - 140385,17 = 72883,27 \quad (4)$$

Тепловая нагрузка котла, кВт

$$\begin{aligned} Q_{ne} &= D_{ne} \cdot (i_{ne} - \bar{t}_{ne}) + D_{np} \cdot (i''_{np} - t_{ne}) = \\ &= 91,476 \cdot (3498,4 - 1040,4) + 1,372 \cdot (1573,25 - 1040,4) = 225650,5 \end{aligned} \quad (5)$$

где i_{ne} - энтальпия перегретого пара, кДж/кг.

$$i_{ne} = f(P_{ne}, t_{ne}) = 3498,4$$

Полный расход натурального топлива, кг/с

$$B = \frac{Q_{ne}}{Q_H^p \cdot \eta_{нз}} = \frac{225650,5}{15700 \cdot 0,92} = 15,619 \quad (6)$$

где Q_H^p - теплотворная способность Ирша-бородинского угля, кДж/кг.

Расход топлива на выработку электроэнергии, кг/с

$$B_{\text{э}} = B \cdot K_{\text{э}} \frac{\text{Э}_{\text{от}}}{\text{Э} - \text{Э}_{\text{э}}^{\text{сн}}} \quad (7)$$

где B - полный расход топлива на блок, кг/с;

$K_{\text{э}}$ - коэффициент отнесения затрат топлива энергетическими котлами на производство электроэнергии;

$W_{\text{отп}}$ - отпущенная мощность, кВт;

$W_{\text{э}}$ – мощность, снимаемая с шин генератора, кВт;

$W_{\text{ээ}}^{\text{сн}}$ - мощность собственных нужд, затраченная на производство электроэнергии.

Принимая мощность собственных нужд блока 9%, отпущенная мощность составляет, кВт

$$W_{\text{отп}} = W_{\text{э}} - e_{\text{сн}} \cdot W = 60000 - 0.09 \cdot 60000 = 54600 \quad (8)$$

Мощность собственных нужд, затраченная только на производство электроэнергии, кВт

$$W_{\text{ээ}}^{\text{сн}} = e_{\text{ээ}}^{\text{сн}} \cdot W = 0,05 \cdot 60000 = 3000 \quad (9)$$

где $e_{\text{ээ}}^{\text{сн}}$ – доля электроэнергии, затраченная на производство электроэнергии.

Коэффициент отнесения затрат топлива энергетическими котлами на производство электроэнергии

$$K_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{ту}}^{\text{э}} + Q_{\text{ту}}^{\text{сн}} + \Delta Q_{\text{отб}}}{Q_{\text{ту}}^{\text{э}} + Q_{\text{ту}}^{\text{сн}} + \Delta Q_{\text{отб}} + Q_{\text{ту}}^{\text{м}}} \quad (10)$$

Увеличение расхода тепла на производство электроэнергии при наличии отборов, кДж

$$\Delta Q_{\text{отб}} = [Q_{\text{ВС}} \cdot (1 - \xi_{\text{ВС}}) + Q_{\text{НС}} \cdot (1 - \xi_{\text{НС}}) + Q_{\text{ПР}} \cdot (1 - \xi_{\text{ПР}})] \cdot \frac{Q_{\text{м}}}{\sum Q_{\text{м}}} \quad (11)$$

где $Q_{\text{ВС}}$, $Q_{\text{НС}}$ – тепло, отпущенное из двух теплофикационных отборов;

Отношение $\frac{Q_{\text{т}}}{\sum Q_{\text{т}}}$ принимается равным 1;

ξ – коэффициент ценности тепла каждого отбора.

$$\xi_{BC} = \frac{i_{ec} - i_k}{i_0 - i_k} \cdot \left(1 + K \frac{i_0 - i_{ec}}{i_0 - i_k} \right) = \frac{2676 - 2159,7}{3512,9 - 2159,7} \cdot \left(1 + 0,4 \frac{3512,9 - 2676}{3512,9 - 2159,7} \right) = 0,476 \quad (11.1)$$

$$\xi_{HC} = \frac{i_{hc} - i_k}{i_0 - i_k} \cdot \left(1 + K \frac{i_0 - i_{hc}}{i_0 - i_k} \right) = \frac{2558,4 - 2159,7}{3512,9 - 2159,7} \cdot \left(1 + 0,4 \frac{3512,9 - 2558,4}{3512,9 - 2159,7} \right) = 0,378 \quad (11.2)$$

$$\xi_{np} = \frac{i_{np} - i_k}{i_0 - i_k} \cdot \left(1 + K \frac{i_0 - i_{np}}{i_0 - i_k} \right) = \frac{3000,2 - 2159,7}{3512,9 - 2159,7} \cdot \left(1 + 0,4 \frac{3512,9 - 3000,2}{3512,9 - 2159,7} \right) = 0,715 \quad (11.3)$$

где K – коэффициент, зависящий от давления пара перед турбиной, его значение принимаем равным 0,4 из [4].

$$\Delta Q_{omb} = (24999,9 \cdot (1 - 0,475) + 24999,9 \cdot (1 - 0,377) + 89360,17 \cdot (1 - 0,715)) = 54102,8$$

Расход тепла на собственные нужды турбоагрегата принимается 5 % от расхода тепла на производство электроэнергии, [4], кДж

$$Q_{my}^{ch} = 0,05 \cdot Q_{my}^3 = 0,05 \cdot 72948,33 = 3644,16 \quad (12)$$

$$K_3 = \frac{72883,27 + 54102,8 + 3644,16}{72883,27 + 54102,8 + 3644,16 + 140380,5} = 0,48 \quad (13)$$

$$B_3 = 15,667 \cdot 0,48 \cdot \frac{54600}{60000 - 3000} = 7,211 \quad (14)$$

Расход натурального топлива на отпуск тепла определяется, кг/с

$$B_m = B - B_3 \quad (15)$$

$$B_m = 15,619 - 7,211 = 8,408$$

Фактическое значение удельных расходов натурального топлива на отпуск электроэнергии и тепла определяются по формулам

$$b_3 = \frac{B_3 \cdot 3600}{W_{omn}} = \frac{7,211 \cdot 3600}{54600} = 0,475 \quad (16)$$

$$b_m = \frac{B_m \cdot 10^6}{Q_{om}^{max}} = \frac{8,408 \cdot 10^6}{100000} = 84,073 \quad (17)$$

2.2 Вспомогательное оборудование.

2.2.1 Регенеративные подогреватели:

Подогреватель высокого давления выбираем по заводским данным, так чтобы их характеристики удовлетворяли значениям, полученным в ходе расчета ПТС[4].

ПВД-7: ПВ 350-230-50-I, где 350 – площадь поверхности теплообмена, м^2 ; 230 максимальное давление в трубной системе, бар; 50 максимальное давление в корпусе, бар.

ПВД-6: ПВ-350-230-36- I.

ПВД-5: ПВ-425-230-13-I.

Подогреватели низкого давления по[4] :

ПНД-3: ПН-200-16-7-I.

ПНД-2: ПН-100-16-4-I.

ПНД-1: ПН-100-16-4-I.

2.2.2 Деаэратор

По найденному расходу питательной воды $G_{\text{тв}}=334,25$ т/ч выбираем деаэратор смешивающего типа повышенного давления ДСП-500 [4] с характеристиками: давление 7 бар; производительностью – 500 т/ч.

2.2.3 Сетевые подогреватели

Подогреватели сетевой воды выбираем по расчетному пропуску воды, давлению пара в корпусе и температура пара на входе и воды на выходе.

Расчетный пропуск сетевой воды $G_{\text{св}}=298,61$ кг/с. ПСВ-500-3-23 с характеристиками: расчетный пропуск воды 1150 т/ч; рабочее давление пара 3,9 бара; рабочее давление воды в трубной системе 23 бара; вес без воды 13 т.

2.2.4 Выбор питательных насосов

Для блочных электростанций производительность питательных насосов выбирают по расходу питательной воды на блок с запасом 6-8%, т/ч:

$$G = G_{\text{не}} \cdot 1.08 \tag{18}$$

$$334,25 \cdot 1,08 = 360,99$$

где $G_{\text{не}}$ - расход питательной воды на турбину, кг/с.

Напор питательного насоса принимается на 30-50% больше, чем номинальное давление пара перед турбиной, м

$$H = P \cdot 1,3 \cdot 10 \quad (19)$$

$$127,5 \cdot 1,3 \cdot 10 = 1657,5$$

Выбираем питательный насос с электроприводом ПЭ-380-185 [4] с характеристикой

- Производительность – 380 т³/ч;
- Напор – 2030 м;
- Частота вращения 2900 об/мин;
- КПД – 77 %.

Мощность привода ПЭН, МВт

$$P_n = 1,05 \cdot \frac{D \cdot H \cdot \gamma}{102 \cdot \eta_n} \quad (20)$$

$$1,05 \cdot \frac{0,106 \cdot 2030 \cdot 1000}{102 \cdot 0,77} \cdot 10^{-3} = 2,88$$

где $D=0,106$ – производительность, м³/с;
 γ - плотность питательной воды, кг/м³.

2.2.5 Выбор конденсатных насосов

Конденсатные насосы устанавливают в количестве 2-3 на турбину, при двух – каждый на 100 %-ную производительность, а при трех – на 50 %-ную.

За расчетную производительность принимают расход конденсата в летний период, т/ч

$$G = Dk = 40,9$$

Принимаем напор конденсатных насосов в пределах 50-150 м. вод.ст.

Выбираем 2 конденсатных насоса 1Кс-50-110 с характеристиками[5]

- Производительность – 50,м³/ч;
- Напор – 110,м.вод.ст;
- Частота вращения 2900,об/мин.

2.2.6 Выбор циркуляционных насосов

Расход циркуляционной воды на турбину по заводским данным составляет 8000 м³/ч

$$Q_{цн} = \frac{Q_{турб}}{2} \quad (21)$$
$$\frac{8000}{2} = 4000$$

Выбираем 2 насоса типа 24НДн с характеристиками[4]

- Производительность – 4000,т³/ч;
- Напор – 16.5,м.вод.ст;
- Частота вращения 585,об/мин;
- Потребляемая мощность – 198,кВт;
- КПД – 90 %.

Мощность привода ЦН,кВт

$$P_n = 1,1 \cdot \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta_n} \quad (22)$$

$$1,1 \cdot \frac{1111 \cdot 16,5}{102 \cdot 0,90} \cdot 10^{-3} = 219,66$$

2.2.7 Выбор сетевых насосов

Выбор производится по производительности и напору. Сетевые насосы устанавливаются в количестве двух на турбину, рассчитывая их на 50 %-ную производительность.

Производительность сетевого насоса,т³/ч

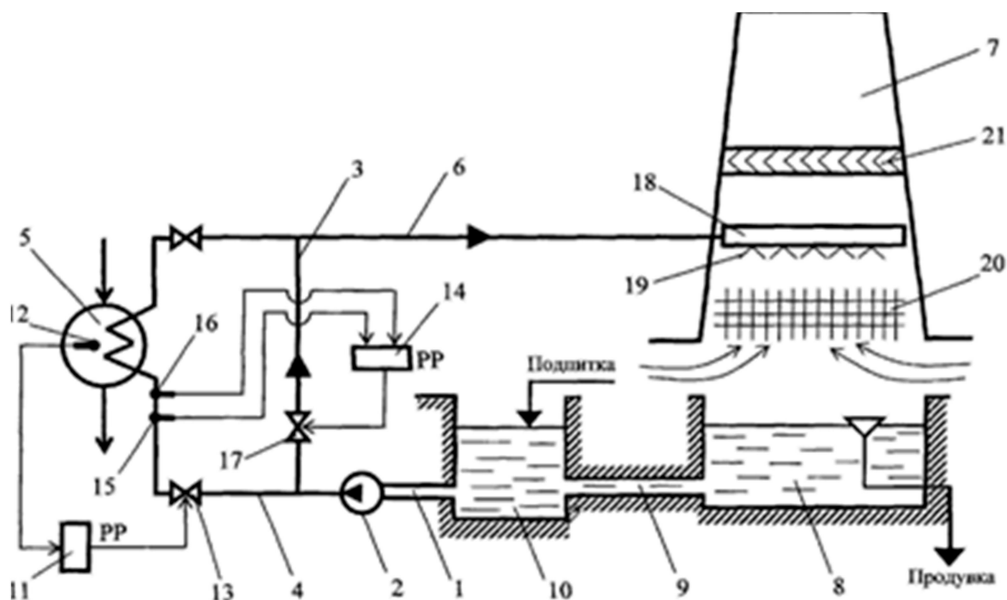
$$G = \frac{G_{св}}{2} \cdot 3,6 \quad (23)$$
$$\frac{298,61}{2} \cdot 3,6 = 537,5$$

Выбираем сетевые насосы СЭ-500-70 с характеристиками[5]

- Производительность – 500,т³/ч;
- Напор – 70,м.вод.ст;
- Допустимый кавитационный запас 10 м;
- Частота вращения 3000,об/мин;
- Потребляемая мощность – 120,кВт;
- КПД – 82 %.

2.3 Система технического водоснабжения.

Для водоснабжения проектируемой электростанции станции, выбираю систему оборотного водоснабжения с градирней (рисунок 2)[8].



1-самотечный водовод к циркуляционному насосу; 2 - циркуляционный насос; 3 - трубопровод; 4 - соединяющий напорный трубопровод; 5 -конденсатор; 6 - сливной напорный трубопровод; 7 - вытяжная башня; 8 – водосборный бассейн; 9 – самотечный перепускной канал; 10 – водоприемный колодец; 11 – регулятор расхода циркуляционной воды; подаваемой в конденсатор; 12 – датчик давления в конденсаторе; 13 – регулирующий орган расхода циркуляционной воды; 14 - регулятор расхода циркуляционной воды по рециркуляционному трубопроводу; 15 – датчик расхода циркуляционной воды на входе в конденсатор; 16 – датчик температуры циркуляционной воды на входе в конденсатор; 17 – регулирующий орган расхода циркуляционной воды; 18-водораспределительный лоток; 19 – разбрызгивающие сопла; 20 – оросительное устройство; 21 – водоуловитель.

Рисунок 2 – Схема оборотного водоснабжения с градирней.

Система оборотного водоснабжения электростанции с градирней содержит самотечный водовод к циркуляционному насосу, рециркуляционный трубопровод, соединяющий напорный трубопровод к конденсатору паровой турбины со сливным напорным трубопроводом к градирне, состоящей из вытяжной башни и водосборного бассейна, соединенного самотечным перепускным каналом с водоприемным колодцем. При этом вытяжная башня снабжена водораспределительным лотком с разбрызгивающими соплами, оросительным устройством и водоуловителем. Система оборотного водоснабжения электростанции с градирней дополнительно снабжена регулятором расхода циркуляционной воды, подаваемой в конденсатор паровой турбины, связанным с датчиком давления в конденсаторе и регулирующим органом, установленным на напорном трубопроводе к конденсатору паровой турбины, и регулятором расхода циркуляционной воды по рециркуляционному трубопроводу. При этом регулятор расхода связан с датчиком расхода и с

датчиком температуры циркуляционной воды на входе в конденсатор и регулирующим органом, установленным на рециркуляционном трубопроводе.

Выбираю две градирни по производительности:

Производительность: 12000 м³/ч.

Площадь орошения: 2000м² [8].

Высота градирен: 75м.

Высота воздухоподводящих окон: 6,5 м.

Диаметр башни на уровне верха оросителя: 55м.

Диаметр выходного сечения башни: 36м.

3 Выбор схемы ВПУ и ее расчет

3.1 Характеристика исходной воды

Источником снабжения водой является река Чернавка. Химический состав исходной воды приведён в таблице. Чернавка — река в Красноярском крае России. Левый приток **Чулыма** (бассейн **Оби**).

Длина — 103 км. Протекает по территории **Малоимышского сельсовета Ужурского района**. Впадает в Чулым в 1713 км от её устья у деревни **Большой Имыш**. Питание главным образом дождевое. Средний расход воды у устья **72,6 м³/сек**. Замерзает в начале ноября, вскрывается в конце апреля[6].

Таблица 1- Химический состав источника водоснабжения

Наименование показателей	Обозначение	Величина
Жесткость общая, мг-экв/л	<i>Жо</i>	3,91
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	<i>Жк</i>	3,9
Жесткость некарбонатная, мг-экв/л	<i>Жнк</i>	0,01
Щелочность, мг-экв/л	<i>Щ</i>	4,32
Кальций-ионы, мг-экв/л	<i>Ca²⁺</i>	2,64
Магний-ионы, мг-экв/л	<i>Mg²⁺</i>	1,26
Натрий-ионы, мг-экв/л	<i>Na⁺</i>	1,05

Таблица 2 - Химический состав источника водоснабжения

Наименование показателей	Обозначение	Величина
Бикарбонат-ионы, мг-экв/л	<i>HCO²⁻</i>	4,32
Сульфат-ионы, мг-экв/л	<i>SO²⁻₄</i>	0,84
Хлорид-ионы, мг-экв/л	<i>Cl⁻</i>	0,28
Силикат-ионы, мг-экв/л	<i>SiO²⁻</i>	0,01
Общее солесодержание, мг-экв/л		437

3.2 Выбор схемы ВПУ

Выбор схемы ВПУ зависит от состава исходной воды и требований к качеству обработанной воды.

А также выбор определяется технико-экономическим сравнением.

При проведении технико-экономического сравнения должны учитываться многие факторы: стоимость расходуемой электроэнергии и химических реагентов, производительность установки обессоливания воды, а также стоимость рабочей силы, затраты на обезвреживание и сброс стоков, капитальные затраты на технологическое оборудование и автоматизацию технологического процесса, качество исходной воды и требования потребителей к обессоленной воде.

В соответствии с характеристиками исходной воды, была принята схема ВПУ с технологией обратного осмоса и ультрафильтрации.

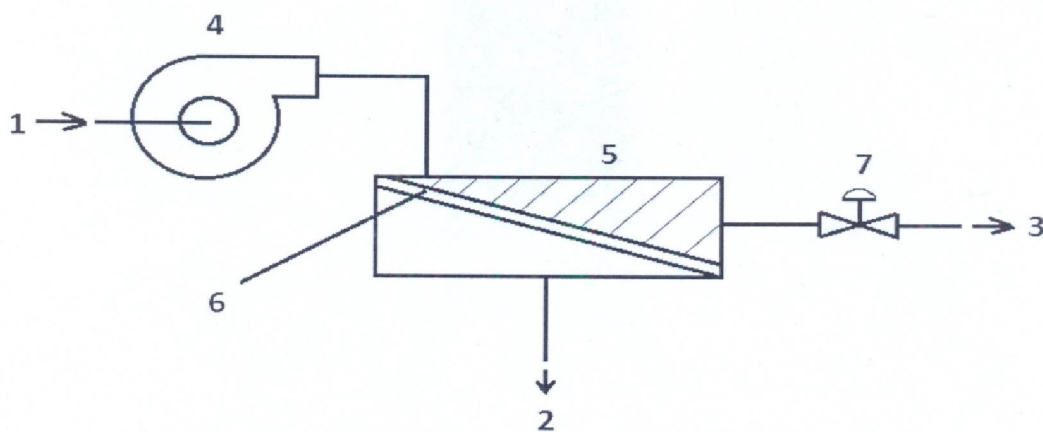
Таблица 3-Нормы качества питательной воды

Нормируемый показатель	Давление, МПа
	> 100
	ТЭЦ
Сумма катионов всех растворенных солей в пересчете на Na, мкг/кг	≤ 50 *
Жесткость общая, мкг-экв/кг	3
Кремниевая кислота в пересчете на SiO ₂ , мкг/кг О	$\leq 40-120$
Кислород, мкг/кг О	≤ 10
Гидразин, мкг/кг N Н	30-100
pH	9.1±0.1
Аммиак, мкг/кг	1000
Соединения железа в пересчете на Fe, мкг/кг	20
Соединения меди в пересчете на Cu, мкг/кг	≤ 5
Сумма нитритов и нитратов, мкг/кг	≤ 20
Нитриты, мкг/кг	—
Масла и тяжелые нефтепродукты, мг/кг	$\leq 0,3$
Сульфит натрия, мг/кг	—

3.3 Описание технологии обратного осмоса

Понятие «обратный осмос» показывает обратимость естественного (прямого) осмоса. Последний, характеризуется самопроизвольным переходом растворителя через полупроницаемую мембрану в раствор.

Если со стороны раствора приложить внешнее давление, превышающее осмотическое, то скорость перехода молекул воды из раствора через полупроницаемую мембрану будет большей, чем в раствор. Это приведет к получению чистой воды в отсеке за мембраной и концентрированию примесей в растворе, к которому приложено внешнее давление. Принципиальная схема обратноосмотической установки приведена на рис.3



1 - высокоминерализованная обрабатываемая вода; 2- очищенная вода; 3- концентрат (сбросная вода); 4- насос высокого давления; 5- модуль обратного осмоса; 6- полупроницаемая мембрана; 7- выпускной клапан.

Рисунок 3-Принципиальная схема обратноосмотической установки

В растворах, содержащих высокомолекулярные вещества с максимальным размером молекул 0,5 мкм и их массой 500 г/моль, осмотическое давление составляет 0,5 мПа при концентрации раствора 100 г/дм³. Для разделения таких растворов применяют процесс ультраfiltrации на специальных мембранах, пропускающих не только молекулы воды, но также ионы и молекулы низкомолекулярных соединений. На практике применяют давление от 1,2 мПа до 8 мПа при обратном осмосе и от 0,2 до 0,6 мПа при ультраfiltrации.

Обратный осмос и ультраfiltrация принципиально отличны от процессов фильтрования, так как при их реализации образуется не осадок, как

при фильтровании, а лишь два раствора с различными концентрациями примесей. Однако для достижения длительного срока службы полупроницаемых мембран необходима предварительная достаточно полная очистка воды от коллоидных и грубодисперсных примесей.

Эффективность технологии обратного осмоса определяется свойствами полупроницаемых мембран, которые должны характеризоваться высокими разделяющей способностью (солесодержанием) и удельной проницаемостью, быть химически стойкими и механически прочными, иметь низкую стоимость и достаточный (5 лет) срок службы без ухудшения технологических показателей. Этим требованиям удовлетворяют полимерные мембраны, изготавливаемые из ацетилцеллюлозы или из ароматических полиамидов.

Установки обратного осмоса используются как в схемах ВПУ, так и для очистки сточных вод. Для работы таких аппаратов требуется тщательная очистка воды от коллоидных и грубодисперсных примесей, для чего в системе пред очистки используется кроме насыпных также и другие типы механических фильтров (сетчатые, намывные, гильзовые и др.). Установки комплектуются также системами химической и биологической очистки мембран, приборами и устройствами автоматики.

Необходимость наличия в технологической схеме установки ультрафильтрации объясняется высокими требованиями по мутности исходной воды, предъявляемые к установкам обратного осмоса. Как правило, достичь указанной величины индекса SDI, используя в качестве исходной речную воду, возможно только на ультрафильтрационных установках.

3.4 Применение обратного осмоса при обессоливании воды

При сравнении различных методов обработки (обычно опреснения или обессоливания) природной воды часто используют понятия некоторого «граничного» значения общего солесодержания исходной воды, при котором приведенная стоимость обработанной воды указанными выше методами практически одинакова. Так, при более высоком значении этого показателя экономичнее один из сравниваемых методов, при более низком-другой. Такой подход к решению задачи выбора оптимальной технологии водообработки часто применяется при сравнении экономичности термического (испарители) и мембранного (в основном обратный осмос - ОО) способов получения питьевой воды; термического и химического (ионный обмен - ИО) обессоливание воды для питания парогенераторов и т.д.

Определение граничного солесодержания исходной воды (ГСС) используется при оценке экономической целесообразности применения ОО для получения обессоленной добавочной воды.

При этом сравнивается обычно две схемы: первая ИО (двухступенчатое обессоливание на Н- и ОН- фильтрах плюс барьерные фильтры смешанного действия ФСД) и вторая - ОО+ИО, в которой обратный осмос заменяет

большую часть ионитной обессоливающей установки (обе ступени, а иногда только первую ступень Н- и ОН- ионирования).

Однако нельзя преувеличивать значение ГСС и считать его решающим при выборе технологической схемы обессоливания воды для электростанции с использованием обратного осмоса или без него.

Кроме конкретных материальных факторов при применении ОО большое значение имеют чисто психологические моменты: опасения, возникшие при переходе с «привычной» давно освоенной технологии на новые методы обработки воды, необходимость переобучения эксплуатационного персонала, изменения в системе материального снабжения и т.д.

Различия расчетных значений ГСС между США и Европой, внутри этих регионов свидетельствует о сильной зависимости сравнительных экономических схем от местных условий, причем дело не только в разной степени совершенства технологий ИО и ОО и в стоимости электроэнергии. Вероятно, здесь важны и уровень оплаты рабочей силы, и разница в стоимости оборудования и хим.реагентов, и ряд других причин, перечисленных ниже. При этом следует оговориться, что влияние указанных факторов на целесообразность выбора схемы с обратным осмосом может довольно сильно изменяться в зависимости от того, идет ли речь о сооружении новой или о реконструкции существующей ВПУ.

3.4.1 Преимущества обратного осмоса перед ионным обменом[7]:

1.Стоимость потребляемой электроэнергии.

Снижение этого показателя дает преимущества схеме с ОО, а повышение - схеме с ИО.

2.Стоимость потребляемых хим.реагентов.

Низкие цены на эти материалы повышают конкурентно способность ионного обмена по сравнению с обратным осмосом, а высокие усугубляют «проигрыш» по этой статье расходов.

3.Уровень оплаты труда эксплуатационного персонала.

Затраты рабочей силы при обратном осмосе меньше, чем при ионном обмене. Поэтому чем выше зарплата, тем больше «выигрыш» ОО.

4.Стоимость оборудования для осуществления ОО и ИО.

Замена основного количества ионитных фильтров на оборудование для обратного осмоса дает ОО преимущества в капитальных затратах, причем чем выше стоимость данного оборудования, тем они больше.

5.Затраты на подсыпку ионитов при ИО и замену мембран для ОО. Чем выше стоимость этих материалов с учетом периодичности их замены, тем сильнее этот показатель сказывается на стоимости обессоливания воды.

6.Затраты на автоматизацию процесса.

Следует иметь в виду что автоматизация обратного осмоса значительно проще и дешевле, чем автоматизация при ионитном обессоливании.

7. Стоимость исходной воды.

При прочих равных условиях и правильной организации процессов собственные нужды для ОО больше, чем для ИО. Высокая стоимость исходной воды увеличивает расходы на применение обратного осмоса.

8. Химический состав примесей, содержащихся в исходной воде

Этот фактор мало отражается на экономичности ОО, но сильно влияет на затраты ИО без обратного осмоса, так как, например, уменьшение доли карбонатной жесткости (щелочности) и увеличение доли солей сильных кислот в солесодержании исходной воды резко повышают затраты более дорогой (чем кислота) щелочи на удаление Cl и SO ионов.

9. Требования к очистке стоков в данном регионе и затраты, необходимые для их обезвреживания.

В зависимости от местных условий этот фактор может дать преимущество как ОО так и ИО.

10. Размеры штрафных санкций за сброс стоков (очищенных и неочищенных).

Их влияние на сравнительную экономичность обратного осмоса и ионного обмена различается по регионам

11. Стоимость предочистки исходной воды.

Этот фактор в зависимости от качества исходной воды может дать преимущества как ОО, так и ИО. Обратный осмос требует более тщательной очистки воды от взвеси, а при ионном обмене может оказаться выгодной химическая предочистка исходной воды.

3.5 Установка самопромывных механических фильтров

Нормы качества воды, поступающей на обессоливающую установку, по содержанию взвешенных и органических веществ более жесткие по сравнению с установкой подпитки теплосети.

Существующая предочистка, работающая по схеме: коагуляция в осветлителях, осветление на механических фильтрах - обеспечит необходимое качество исходной воды.

Для ВПУ подпитки котлов предлагается современная эффективная технология осветления на самопромывных механических фильтрах.

Производительность предочистки составит $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, что обеспечивает потребность в обессоливающей установке с учетом собственных нужд.

Осветление на самопромывных фильтрах гарантирует высокую степень очистки исходной воды от взвешенных и органических веществ независимо от качества исходной воды, изменяя производительности установки и колебаний температуры воды.

Технология фильтрации на самопромывных фильтрах нашла широкое применение в практике водоподготовки для технического и питьевого водоснабжения, в циклах оборотного водоснабжения, при очистке сточных вод.

Самопромывной фильтр - это постоянно действующий механический фильтр. Работоспособность фильтра максимально увеличена за счет устранения необходимости отключать фильтр для промывки фильтрующей загрузки, которая постоянно очищается при помощи внутренней системы промывки.

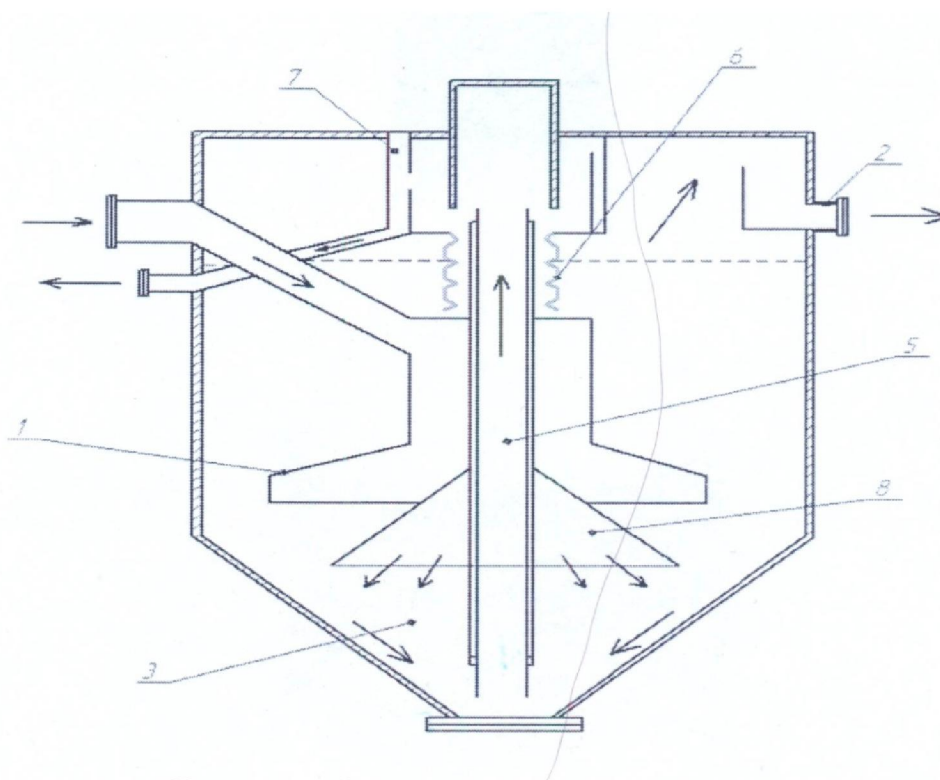
Преимущества технологии:

- фильтрация постоянного качества;
- отсутствие ударных нагрузок на систему обработки промывочной воды;
- справляется с высоким содержанием веществ без предварительной обработки;
- низкие потери напора;
- низкие затраты на контроль и техобслуживание;
- отсутствие насосов высокой производительности для промывки фильтров;
- отсутствие баков для запасов промывочной воды;
- отсутствие засоряющихся дренажно-распределительных систем.

3.6 Описание работы самопромывного фильтра

Самопромывной фильтр основан на противоточном принципе фильтрования через слой фильтрующей загрузки.

Эскиз самопромывного механического фильтра представлен на рисунке 4.

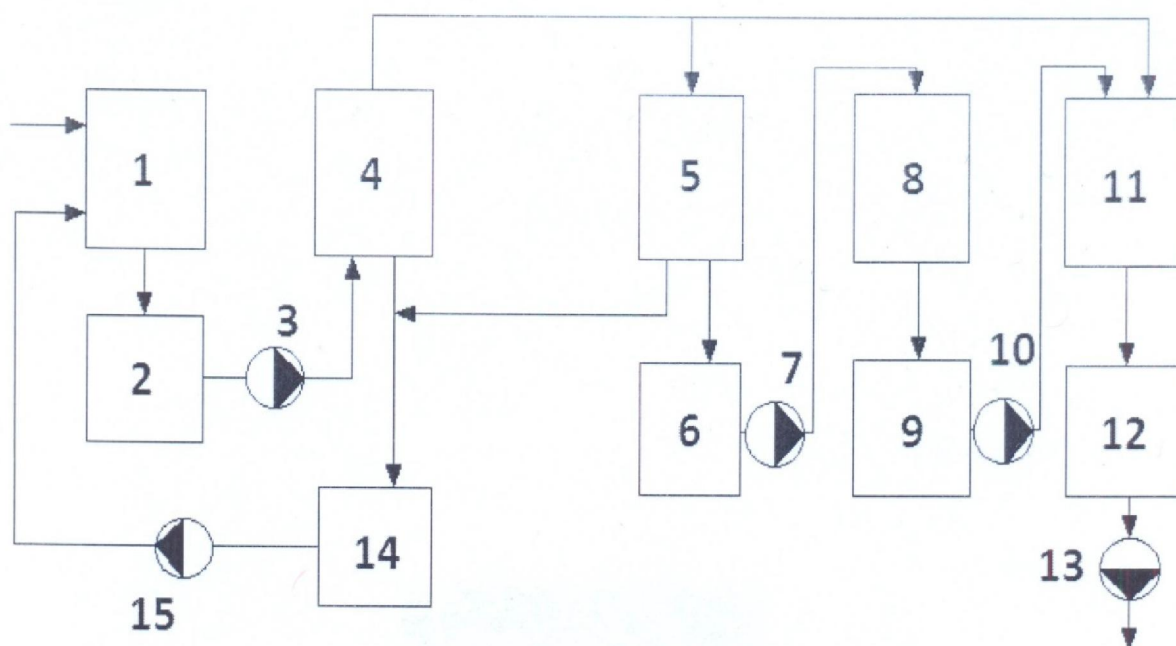


1-Распределительная система; 2-патрубок удаления фильтрата; 3- нижняя часть фильтра; 4- эрлифтный насос; 5-устройство промывки фильтрующей среды; 6-лабиринт; 7- выпускное отверстие промывочной воды.

Рисунок 4 - самопромывной механический фильтр

Вода для обработки поступает через распределительную систему (1) в нижней части фильтра и проходит очистку по мере прохождения вверх через слой песка. Фильтрат удаляется из системы через патрубок (2), находящийся в верхней части фильтра. Загрязненный песок подается из нижней части фильтра (3) при помощи эрлифтного насоса (4) в устройство промывки фильтрующей среды (5) находящееся вверху. Очистка песка начинается в самом эрлифтном насосе, в котором примеси отделяются от частиц песка при вихревом перемешивании. Окончательную отмывку песок проходит в лабиринте (6), где он промывается большим потоком чистой воды. Более легкие частицы загрязнений сбрасываются через выпускное отверстие для промывочной воды (7) тогда как более тяжелые гранулы песка возвращаются в слой фильтрующей среды (8). Таким образом слой фильтрующей загрузки постоянно движется сверху вниз в корпусе фильтра. Подача сжатого воздуха для эрлифтного насоса (4) производится от воздуходувки.

Таким образом, и очистка воды, и отмывка фильтрующей сред происходят непрерывно, позволяя фильтру работать без отключения.



1-осветлитель; 2-бак осветленной воды; 3-насос осветленной воды; 4-механический фильтр; 5-установка ультраfiltrации; 6-бак фильтрованной воды; 7-насос фильтрованной воды; 8-установка обратного осмоса; 9-бак пермеата; 10-насос пермеата; 11-II-Na-катионитовый фильтр; 12-бак ХОВ; 13-насос ХОВ; 14-бак воды

Рисунок 5 – Принципиальная схема водоподготовительной установки

3.7 Расчет натрий-катионитовых фильтров

Из накопительной ёмкости вода подаётся на ступень ионного обмена. На установке умягчения методом ионного обмена задерживаются остаточные ионы жесткости.

Характеристика фильтров[7]:

Фильтр ФИПа 1-2,6-0,6:

- диаметр $D=2,6$ м;
- площадь фильтрования $f_{Na} = 5,3$ м²
- объем катионита в фильтре =5300 л
- производительность фильтра:
- нормальная - 200 м³/ч ;
- минимальная - 45 м³/ч
- максимальная-215 м³/ч

-Фильтрующая загрузка:

- Высота -1,05 м
- Материал – Purolite C100Na
- Насыпная масса $\gamma^* = 0,8$ т/м³
- Рабочая ёмкость (паспортная),г-экв/м³ $E_n=1100$
- Скорость пропуска регенерационного раствора $\omega_{p.p.} = 5$ м/ч
- Удельный расход воды на отмывку $q_{om}=8$
- Скорость отмывки катионита $\omega_{om}=8$ м/ч

Таблица 4 – Характеристика фильтров

Наименование показателей	Обозначение	Величина
Жесткость общая, мг-экв/л	$Ж_о$	0,15
Скорость фильтрования м/ч	ω	40
Высота слоя катионита м	H_{ck}	1,05
Удельный расход соли на регенерацию катионита г/г-экв	q_c	400
Концентрация рег.раствора %	b	12
Потеря напора м		15
Интенсивность взрыхления катионита	i	4
Продолжительность взрыхления мин	$t_{взр}$	30

Производительность всей установки, т/ч

$$Q_{\text{ВУВ}} = 1260 \cdot 0,03 + 1260 \cdot 0,01 + (360 - 324) \cdot 1,25 = 95,4 \quad (24)$$

Скорость фильтрования(Нормальная, при работе всех фильтров)

$$\omega_n = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot a} \quad (25)$$

Максимальная – при регенерации одного из фильтров

$$\omega_{\text{max}} = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot (a-1)} \quad (26)$$

где Q_{Na} – производительность натрий-катионитных фильтров, м³/ч;
 f_{Na} – площадь фильтрования натрий-катионитного стандартного фильтра, м²;
 a – количество работающих фильтров, шт.

Находим необходимое количество работающих фильтров, шт

$$a = \frac{95,4}{40 \cdot 4,3} = 0,55 \quad (27)$$

Принимаем количество фильтров равное двум. Один фильтр-резервный.

$$\omega_n = \frac{95,4}{5,3 \cdot 2} = 9$$

Число регенерации каждого Na-катионитного фильтра в сутки

$$n = \frac{24 \cdot \mathcal{K}_0 \cdot Q_{Na}}{f_{Na} \cdot H_{cl} \cdot E_p^{Na} \cdot a} \quad (28)$$

где n – число регенераций каждого фильтра в сутки, раз;
 \mathcal{K}_0 – Общая жесткость воды поступающей в Na фильтры, мг-экв/л;
 H_{cl} – высота слоя катионита, м;
 E_p^{Na} – рабочая обменная емкость катионита при Na-катионировании.

$$E_p^{Na} = a_3 \cdot \beta_{Na} \cdot E_n - 0,5 \cdot q \cdot \mathcal{K}_0 \quad (29)$$

где a_p - коэффициент эффективности регенерации Na-катионита=0,94;
 q -удельный расход воды на отмывку катионита, г/г-экв;
 β_{Na} -Коэффициент учитывающий снижение обменной емкости катионита,
 $\beta_{Na}=0,83$;
 E_n - полная обменная емкость катионита, г-экв/м³, $E_n=1100$.

$$E_p^{Na} = 0,94 \cdot 0,83 \cdot 1100 - 0,5 \cdot 8 \cdot 0,15 = 857,62$$

$$n = \frac{24 \cdot 0,15 \cdot 95,4}{5,3 \cdot 1,05 \cdot 857,62 \cdot 1} = 0,07$$

Расход 100%-ой соли на одну регенерацию фильтра, кг

$$Q_c^{Na} = \frac{E_p^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{cl} \cdot q_c}{1000} \quad (30)$$

где Q_c^{Na} –Расход поваренной соли на одну регенерацию, кг;
 f_{Na} - площадь фильтрования Na-катионитного фильтра(принимаем по сечению пустого фильтра);
 q_c -удельный расход соли на регенерацию г/г-экв обменной емкости катионита.

$$Q_c^{Na} = \frac{857,62 \cdot 5,3 \cdot 1,05 \cdot 400}{1000} = 1907,7$$

Расход технической соли в сутки, кг/сут

$$Q_{m.c} = \frac{Q_c^{Na} \cdot n \cdot a \cdot 100}{P} \quad (31)$$

где $Q_{m.c}$ –расход технической соли на регенерацию фильтров кг/сут;
 P - содержание NaCl в технической соли %.

$$Q_{m.c} = \frac{1907,7 \cdot 0,07 \cdot 1 \cdot 100}{93} = 143,59$$

Расход воды на регенерацию Na-катионитного фильтра слагается из расходов воды на взрыхляющую промывку, приготовление регенерационного раствора, отмывку катионита от продуктов регенерации и избытка NaCl. Взрыхление соря катионита необходимо для устранения слеживаемости и удаления измельченных частиц катионита.

Расход воды на одну взрыхляющую промывку фильтра, м³

$$Q_{\text{взр}} = \frac{if_{Na} \cdot 60t_{\text{взр}}}{1000} \quad (32)$$

где I – интенсивность взрыхляющей промывки, л/см³;
 $T_{\text{взр}}$ - продолжительность взрыхляющей промывки, мин.

$$Q_{\text{взр}} = \frac{4 \cdot 5,3 \cdot 60 \cdot 30}{1000} = 38,16$$

Расход воды на приготовление регенерационного раствора соли, м³

$$Q_{\text{р.р}} = \frac{Q_c^{Na} \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot p_{\text{р.р}}} \quad (32)$$

где b -концентрация регенерационного раствора, %;
 $P_{\text{р.р}}$ –плотность регенерационного раствора, т/м³.

$$Q_{\text{р.р}} = \frac{1907,7 \cdot 100}{1000 \cdot 12 \cdot 1,086} = 14,64$$

Расход воды на отмывку катионита от продуктов регенерации, м³

$$Q_{\text{от}} = q_{\text{от}} \cdot f_{Na} \cdot H_{\text{сл}} \quad (33)$$

где $q_{\text{от}}$ -удельных расход воды на отмывку катионита, м³ на 1 м³ катионита.

$$Q_{\text{от}} = 8 \cdot 5,3 \cdot 1,05 = 44,52$$

Расход воды на одну регенерацию фильтра, м³ без использования отмывочных вод на взрыхляющую промывку:

$$Q'_{\text{сн}} = Q_{\text{взр}} + Q_{\text{р.р}} + Q_{\text{от}} \quad (34)$$

где $Q'_{\text{сн}}$ -расход воды на одну регенерацию фильтра, м³.

$$Q'_{\text{сн}} = 38,16 + 14,64 + 44,52 = 97,32 \quad (35)$$

Среднечасовой расход воды на собственные нужды Na-катионитовых фильтров, м³/ч

$$Q_{c.n}^ч = \frac{Q_{c.n} \cdot a \cdot n}{24} \quad (36)$$

где $Q_{c.n}$ - среднечасовой расход на собственные нужды, м³/час.

$$Q_{c.n}^ч = \frac{97,32 \cdot 1 \cdot 0,07}{24} = 0,28$$

Время между регенерациями фильтра

$$T_{Na} = \frac{24}{n} - \frac{t_{рег}^{Na}}{60} \quad (37)$$

где T_{Na} - межрегенерационный период каждого Na-катионитного фильтра, ч;

n - количество регенераций фильтра, шт;

$t_{рег}^{Na}$ - время регенерации фильтра, мин.

$$t_{рег}^{Na} = t_{эсп} + t_{p.p} + t_{ом} \quad (38)$$

где $t_{эсп}$ - продолжительность взрыхляющей промывки, мин;

$t_{p.p}$ - время пропуска регенерационного раствора через фильтр, мин;

$$t_{p.p} = \frac{Q_{p.p} \cdot 60}{\omega_{p.p} \cdot f_{Na}} \quad (39)$$

где $Q_{p.p}$ - количество регенерационного раствора, м³;

$\omega_{p.p}$ - скорость пропуска регенерационного раствора, м³/ч.

$$t_{p.p} = \frac{14,64 \cdot 64}{5 \cdot 5,3} = 35,3$$

$$t_{ом} = \frac{Q_{ом} \cdot 60}{\omega_{ом} \cdot f_{Na}} \quad (40)$$

где $Q_{ом}$ - расход на отмывку, м³.

$$t_{ом} = \frac{44,52 \cdot 60}{8 \cdot 5,3} = 63$$

$$t_{\text{рег}}^{\text{Na}} = 30 + 35,3 + 63 = 128,3$$

Количество одновременно регенерируемых фильтров, шт

$$n_{\text{о.р}} = \frac{n \cdot a \cdot t_{\text{рег}}^{\text{Na}}}{24} \quad (41)$$

где n -количество регенерации каждого фильтра, шт;
 A - количество одновременно работающих фильтров, шт.

$$n_{\text{о.р}} = \frac{0,07 \cdot 1 \cdot 128,3}{24} = 0,37$$

3.8 Расчет установки обратного осмоса

Воды на модули обратного осмоса поступает после установки ультрафильтрации.

Поток воды распределен на параллельно работающие установки.

Установка рассчитана на работу при температуре 25-30 С.

На полупроницаемых мембранах под воздействием обратноосмотического давления поток воды разделяется на более концентрированный и менее концентрированный потоки. В менее концентрированный поток - пермеат, проходит 2-5% солей от питательного потока. Пермеат является водой предназначенной для дальнейшего использования.

Более концентрированный поток называется концентратом- сбрасывается в дренаж.

Установка обратного осмоса состоит из нескольких функциональных блоков:

- гидравлического, состоящего из мембранных модулей;
- трубопроводов с арматурой;
- автоматики, включающей исполнительные и измерительные приборы, датчики;
- электрического, состоящего из пульта управления, приборов электропитания.

Для снижения нагрузки на мембранные модули предусматривается введение антискаланта и бисульфита натрия. Антискаланта предназначен для предотвращения отложений на мембранах. Бисульфит натрия – реагент для связывания свободного хлора.

Перед установками обратного осмоса в воду дозируется ингибитор отложений (антискаланта) и бисульфит. Ингибитор отложений предназначен для предотвращения образования отложений на мембранах. Бисульфит – реагент для связывания свободного хлора. Введение антискаланта и бисульфита

осуществляется пропорционально расходу. Также для улучшения работы установок обратного осмос, фильтрованная вода после установок ультрафильтрации подкисляется, вводом в общий коллектор серной кислоты.

Метод обратного осмоса позволяет одновременно снижать временную жесткость, щелочность, солесодержание и концентрацию других параметров обрабатываемой воды.

Пермеат из всех модулей собирается в коллектор обессоленной воды

Таблица 5 -Параметры исходной воды для водоподготовительной установки RO (рекомендуемые)

Общее железо	мг/л	< 0,1
рН рабочая		4-11
рН кратковременная		2,5-11
Взвешенные вещества	мг/л	<1
Общая жесткость	мг-экв/л	<0,08
Температура	°C	20-25
(SDI) коллоидный индекс		<3
Свободный хлор	мг/л	<0,1
Солесодержание	мг/л	<300
Давление	кг/см ² (бар)	2-3

Площадь поверхности мембраны (м²) находим по формуле

$$F = \frac{V}{G} \quad (42)$$

где V -количество фильтрата, получаемого с поверхности мембраны, м³/ч;
 G -проницаемость мембран;
 $G=31 \text{ дм}^3 /(\text{м}^2\text{-сут})$.

$$F = \frac{95,4}{0,031} = 3077,41$$

Рабочие характеристики мембранного элемента даны в таблице 6.

Таблица 6 – рабочие характеристики мембранного элемента Hyndranautics

Характеристика	Значение
Селективность мембран по NaCl (мин.), %	99
Проницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{-сут})$	31
Номинальная рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	25
Активная поверхность, м^2	30
Давление на разрыв, бар	>8

По номинальным рабочим параметрам выбираем модули обратного осмоса RO/10-8-54-EX-SS-PV, фирмы Jurby WaterTech.[7]

Рабочие характеристики модули приведены в таблице 7.

Таблица 7 –технические данные модуля RO/10-8-54-EX-SS-PV

Характеристика	Значение
Производительность по пермеату	10
Количество питательной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	12
Количество дренаруемой воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	2,5
Количество рециркуляции, $\text{м}^3/\text{ч}$	-
Получение очищенной воды, %	80
Номинальное давление питательной воды, $\text{кг}/\text{см}^2$ (бар)	2,0-3,0
Рабочее давление в начале работы, $\text{кг}/\text{см}^2$ (бар) в течении 3 лет работы, $\text{кг}/\text{см}^2$ (бар)	8,5 9,5
Максимальное давление системы, $\text{кг}/\text{см}^2$ (бар)	16
Номинальная рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	25
Мембранный элемент Hyndranautics	ESPA1
Количество мембран, шт	24
Электричество	
Напряжение эл. Питания, В	380
Мощность, кВт	30,0
Сжатый воздух для управления	
Давление, $\text{кг}/\text{см}^2$ (бар)	4-6

Модуль обратного осмоса – двухступенчатый, состоит из пяти корпусов, три корпуса – первая ступень, два корпуса – вторая (рис. 6)

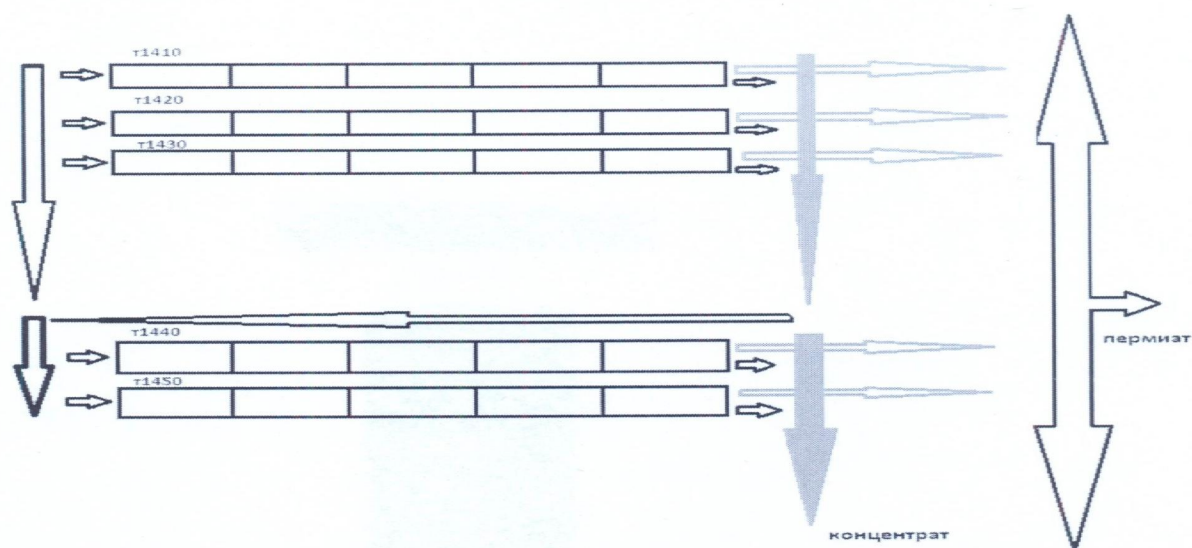


Рисунок 6 – устройство модуля обратного осмоса

Вода поступает в систему мембранных фильтров, которая состоит из 2-х ступеней, 6 корпусов в первой и 3 корпуса во второй. Под воздействием давления, в полупроницаемых мембранах происходит разделение потоков наиболее концентрированный (в дальнейшем концентрат) и менее концентрированный или очищенный от солей (в дальнейшем пермеат).

Пермеат собирается в выходной коллектор, где кондуктометром измеряется электропроводность и по данному параметру определяется общее солесодержание обессоленной воды. В последних мембранах. Поэтому, искусственно поднимая давление в линии пермеата 1-й ступени, выравниваются потоки во всех корпусах обеих ступеней. При этом расход пермеата 1-й ступени визуально контролируется по индикатору расхода – ротаметру. Поток концентрата регулируется. В установленные промежутки времени и при каждой остановке производится автоматический сброс воды (промывка) линии концентрата. В целях предохранения мембран от проявления вакуума и резкого повышения давления в линии пермеата используется прерыватель вакуума и предохранительный перепускной клапан. Потоки пермеата и концентрата измеряются и контролируются по расходомерам. Давление на всех этапах обработки – на входе, концентрата после обеих ступеней, пермеата на выходе – измеряется датчиками давления и контролируется визуально по манометрам.

Количество модулей обратного осмоса, шт

$$n = \frac{F}{F_M} \quad (43)$$

где F – необходимая площадь поверхности мембраны, м²;
 F_M – площадь поверхности мембраны одного модуля, м².

$$F_M = a \cdot F_a \quad (44)$$

где a – количество мембран модуле, шт;
 F_a – активная поверхность мембраны, м².

$$F_M = 24 \cdot 30 = 720$$

$$n = \frac{3077,41}{720} = 4,27$$

Принимаем количество модулей равное пяти, один модуль резервный.
Расход питательной воды на один модуль, м³/ч

$$Q_{ne} = n \cdot Q_{Ro}^{ne} \quad (45)$$

$$Q_{ne} = 4 \cdot 12 = 48$$

Расход воды на собственные нужды установки обратного осмоса, м³/ч

$$Q_{сн} = n \cdot Q_{сн}^{o.o} \quad (46)$$

$$Q_{сн} = 4 \cdot 2.5 = 10$$

Для нейтрализации вредного воздействия активного хлора на полиамидные мембраны вводится реагент бисульфит натрия 0,003 кг/л³

Часовой расход реагента, кг/ч

$$Q_{(NaS)} = q \cdot Q_{ne} \quad (47)$$

$$Q_{(NaS)} = 0,003 \cdot 48 = 0,144$$

Суточный расход реагента, кг

$$Q_{\text{сут}} = Q_{(Na\ S)} \cdot 24 \quad (48)$$

$$Q_{\text{сут}} = 0,144 \cdot 24 = 3,456$$

Из-за большой жесткости исходной воды и для предотвращения отложений жесткости на поверхностях мембран вводят реагент антискалант, 0,003 кг /м³.

Часовой расход реагента, кг/ч

$$Q_A = q_r \cdot Q_{\text{нс}} \quad (49)$$

$$Q_A = 0,003 \cdot 48 = 0,144$$

Суточный расход реагента, кг

$$Q_{\text{сут}} = Q_A \cdot 24 \quad (50)$$

$$Q_{\text{сут}} = 0,144 \cdot 24 = 3,456$$

Для понижения рН исходной воды от рН 8,4 до рН 7 дозируется концентрированная серная кислота H_2SO_4 93%, 0,42 кг/м³

Часовой расход реагента, кг/ч

$$Q_{H_2SO_4} = q_r \cdot Q_{\text{нс}} \quad (51)$$

$$Q_{H_2SO_4} = 0,042 \cdot 48 = 2,016$$

Суточный расход реагента, кг

$$Q_{\text{сут}} = Q_{H_2SO_4} \cdot 24 \quad (52)$$

$$Q_{\text{сут}} = 2,016 \cdot 24 = 48,3$$

3.9 Расчет установки ультрафильтрации

Установка ультрафильтрации предназначена для предварительной очистки исходной воды - снижения содержания взвешенных частиц, микроорганизмов и органических соединений, а также снижения мутности.

Источник водоснабжения - поверхностная вода. Вода предварительно очищена от механических примесей и железа.

Процесс ультрафильтрации состоит в пропускании обрабатываемой воды через фильтрующий материал, проницаемый для жидкости и не проницаемый для взвеси.

Мембранный ультрафильтрационный модуль состоит из тонких капилляров, стенками которых являются ультрафильтрационные мембраны. Исходная вода поступает внутрь капилляра. Способные проникать через мембрану частицы и молекулы воды проходят через стенку капилляра, а более крупные остаются внутри капилляра.

Ультрафильтрационная мембрана задерживает коллоидные частицы, бактерии, вирусы и высокомолекулярные органические соединения. Нижний предел отделяемых растворенных веществ соответствует молекулярным массам в несколько тысяч Дальтон.

По мере накопления осадка фильтрующий элемент периодически выводится на промывку.

Исходная вода на установку ультрафильтрации (УУФ) с давлением 1,0-3,0 атм поступает с механических фильтров.

В процессе работы, по мере накопления осадка, растет перепад давления через фильтрующие элементы. Регулирующие клапана поддерживают постоянную производительность установок. Модули по одному выводятся на промывку. Вывод модуля на промывку производится автоматически по времени, или при повышении заданного значения перепада давления на модуле.

Для контроля перепада давления на коллектора входной и очищенной воды установлены датчики давления и манометры.

Мутность исходной воды измеряется анализатором мутности. В зависимости от мутности или количества взвешенных частиц в исходной воде установка может работать в двух режимах - режим работы при концентрации взвешенных частиц в воде < 50 мг/л. Весь поток воды, подаваемый в установку ультрафильтрации, фильтруется через мембраны. И режим работы при концентрации взвешенных частиц в воде > 50 мг/л. Поток воды, подаваемый в установку ультрафильтрации, делится на два потока.

Часть потока направляется в фильтрат, а другая часть направляется обратно в исходную емкость или сбрасывается в дренаж.

Перед подачей очищенной воды в накопительные емкости анализатором мутности измеряется количество взвешенных частиц в фильтрате.

В установленный интервал времени в каждом модуле ультрафильтрации открываются клапана через которые вода попадает в измеритель мутности. В течении измерения количество взвешенных частиц не должно превышать 1,0

мг/л. Если значение из конкретного модуля больше установленного, тот модуль из которого была взята данная проба автоматически выводится на промывку. Если после промывки количество взвешенных частиц не понижается, модуль автоматически останавливается.

В таком случае причина проскока частиц - повреждение капилляров мембран.

Таблица 8- Параметры исходной воды

Общее железо	мг/л	<2,5
рН		7,5-8,5
Взвешенные в-ва	мг/л	<10
Общая жесткость	мг-экв/л	<4
Температура	°C	25-30
Хлориды		2,35-10,5
Сульфаты	мг/л	9,0-15,6
Солесодержание	мг/л	200-275
Давление	кг/см ²	1-3

Технические данные на модуль установки ультрафильтрации даны в таблице 9.

Таблица 9 - Технические данные (один модуль) UF/63-50-20-EX-SS-PV[7]

Характеристика	Значение
Вода	
Производительность по пермеату, м ³ /ч	63
Количество питательной воды, м ³ /ч	71
Получение очищенной воды, %	88
Ном. давление питательной воды, там	1-3
Макс.давление, атм	5
Номинальная рабочая температура, С	25-30
Электричество	
Эл. питание, В	380
Мощность, кВт	0,5
Сжатый воздух для управления	
Давление ,атм.	4-6
Расход, л/мин	250
Фильтроцикл, л	350
Время одной химической промывки, ч	0,32
Количество химических промывок, шт	3

Производительность установки ультрафильтрации

$$Q_{yf} = Q_{ВПУ} + Q_{сн}^{Na} + Q_{сн}^{o.o} = 95,7 + 10 = 115,7 \quad (53)$$

Количество модулей ультрафильтрации

$$n = \frac{Q_{yf}}{Q_{uf}} \quad (54)$$

где Q_{yf} - производительность установки ультрафильтрации, м³/ч;
 Q_{uf} - производительность одного модуля, м³/ч.

$$n = \frac{103,2}{63} = 1,63$$

Принимаем количество модулей равное трем, один модуль резервный.
Расход питательной воды на установку ультрафильтрации, м³/ч

$$Q_{yf}^{ns} = n \cdot Q_{uf}^{ns} \quad (55)$$

где Q_{uf}^{ns} - расход питательной воды на один модуль, м³/ч.

$$Q_{yf}^{ns} = 2 \cdot 71 = 142$$

Расход воды на собственные нужды установки ультрафильтрации

$$Q_{сн} = Q_{yf}^{ns} - Q_{yf} \quad (56)$$

$$Q_{сн} = 142 - 115,7 = 26,3$$

Время фильтроцикла

$$t_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{Q_{yf}^{ns}} \quad (57)$$

где Q_{ϕ} - расход за фильтроцикл, л;
 t_{ϕ} - время фильтроцикла, ч.

$$t_{\phi} = \frac{350}{71} = 4,9$$

Полное время химических промывок, ч

$$t_{np}^{об} = t_{np} \cdot 2 \quad (58)$$

где t_{np} – время одной химической промывки, ч.

$$t_{np}^{об} = 0,32 \cdot 2 = 0,64$$

Полное время цикла, ч

$$t_{ц} = t_{ф} + t_{np}^{об} \quad (59)$$

$$t_{ц} = 4,9 \cdot 0,64 = 3,136$$

Число циклов каждого модуля в сутки

$$\alpha = \frac{24}{t_{ц}} \quad (60)$$

$$\alpha = \frac{24}{3,136} = 7,6$$

Расход реагентов на химические промывки:

Химическая промывка 1 (щелочная – NaOH);

Время промывки $t_{np}^1 = 0,06$ мин;

Расход раствора едкого натра (NaOH, 46%) $Q^{NaOH} = 40$ л/час.

Расход реагента на химическую промывку установки, л

$$Q_{NaOH} = t_{np}^1 \cdot Q^{NaOH} \cdot n \quad (61)$$

$$Q_{NaOH} = 0,06 \cdot 40 \cdot 2 = 4,8$$

Суточный расход реагента, л

$$Q_{сут}^1 = Q_{NaOH} \cdot \alpha \quad (62)$$

где α – число циклов каждого модуля в сутки.

$$Q_{сут}^1 = 4,8 \cdot 7,6 = 36,4$$

Часовой расход реагента, л

$$Q_{\text{час}}^1 = \frac{Q_{\text{сут}}^1}{24} \quad (63)$$

$$Q_{\text{час}}^1 = \frac{36,4}{24} = 1,5$$

Химическая промывка 2 (кислотная – H₂SO₄):

Время промывки $t_{\text{np}}^2 = 0,06$ мин;

Расход раствора серной кислоты (H₂SO₄, 93%) $Q^{\text{H}_2\text{SO}_4} = 40$ л/ч.

Расход реагента на химическую промывку установки, л

$$Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} = t_{\text{np}}^2 \cdot Q^{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot n \quad (63)$$

$$Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,06 \cdot 40 \cdot 2 = 4,8$$

Суточный расход реагента, л

$$Q_{\text{сут}}^2 = Q_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot \alpha \quad (64)$$

где α -число циклов каждого модуля в сутки.

$$Q_{\text{сут}}^2 = 4,8 \cdot 7,6 = 36,4$$

Часовой расход реагента, л

$$Q_{\text{час}}^2 = \frac{Q_{\text{сут}}^2}{24} \quad (65)$$

$$Q_{\text{час}}^2 = \frac{36,4}{24} = 1,5$$

Химическая промывка 3 (гидрохлорид- NaClO);

Время промывки $t_{\text{np}}^3 = 0,06$ мин;

Расход гидрохлорида (NaClO, 14-16%) $Q^{\text{NaClO}} = 40$ л/час.

Расход реагента на химическую промывку установки, л

$$Q_{\text{NaClO}} = t_{\text{np}}^3 \cdot Q^{\text{NaClO}} \cdot n \quad (64)$$

$$Q_{NaClO} = 0,06 \cdot 40 \cdot 2 = 4,8$$

Суточный расход реагента, л

$$Q_{сут}^3 = Q_{NaClO} \cdot \alpha \quad (65)$$

где α -число циклов каждого модуля в сутки.

$$Q_{сут}^3 = 4,8 \cdot 7,6 = 36,4$$

Часовой расход реагента, л:

$$Q_{час}^3 = \frac{Q_{сут}^3}{24} \quad (66)$$

$$Q_{час}^3 = \frac{36,4}{24} = 1,5$$

3.10 Расчет механических фильтров

Принцип работы осветлительных фильтров одинаков, как при осветлении воды серноокислым железом и известковании, так и при осветлении оксихлоридом алюминия.

Производительность механических фильтров, м³/ч

$$Q_M = Q_{yf}^{ng} + Q_{cn}^1 \quad (67)$$

$$Q_M = 142 + 0,28 = 142,28$$

Характеристика фильтров[7]:

Фильтр ФОВ-2К-3,4-6;

А) диаметр D=3,4 м;

Б) площадь фильтрования = 9,1м²;

Фильтрующий материал- антрацит.

Коэффициент, учитывающий расход осветленной воды на собственные нужды, $a = 1,1$.

Расчётные технологические показатели механического фильтра приведены в таблице 10.

Таблица 10— Расчетные технологические показатели фильтра

Показатель	Значение
Диаметр зёрен загрузочного материала, мм	0,6-1,4
Высота фильтрующего, м	1
Насыпная масса фильтрующего материала, т/м ²	0,8
Скорость фильтрования, норм, режим, м/ч	5
форсированный, м/ч	7,5
Интенсивность взрыхляющей промывки водой	12
Продолжительность промывки водой, мин	20
Число промывок каждого фильтра в сутки, г	2
Производительность (номинальная), м ³ /ч	200

Находим необходимое количество работающих фильтров при нормальной скорости, шт, формула (27).

$$\alpha = \frac{Q_M}{Q_m} + 1 \quad (68)$$

$$\alpha = \frac{142,28}{200} + 1 = 1,71$$

Принимаем количество фильтров равное трем. Один фильтр - резервный.
Среднечасовой расход воды на собственные нужды, м³/ч

$$q = \frac{d \cdot r \cdot \alpha}{24} \quad (69)$$

$$d = \frac{i \cdot 60 \cdot t \cdot fm}{1000} \quad (70)$$

где d - расход воды на одну промывку фильтра, м³;
r - число промывок каждого фильтра в сутки;
i - интенсивность взрыхления, л/(с • м²);
t - продолжительность взрыхляющей промывки, мин.

$$d = \frac{12 \cdot 60 \cdot 20 \cdot 9,1}{1000} = 131$$

Среднечасовой расход воды на собственные нужды, м³/ч

$$q = \frac{131 \cdot 2 \cdot 2}{24} = 21,83$$

3.11 Расчёт осветлителя

Исходная вода, подогретая до температуры 30 ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) по трубопроводу исходной воды подается в воздухоотделитель, где происходит удаление из воды воздуха и образовавшегося углекислого газа (следствие дозирования коагулянта в трубопровод). Из-за интенсивного выделения углекислого газа и флотации им из воды поверхностно-активных веществ и соединений железа возможно образование в воздухоотделителе пены на поверхности воды. Для ее удаления в воздухоотделителе предусмотрена система удаления пены. Для интенсификации воздухоотделения предусмотрено пленочное отекание воды через горизонтальную кромку осветлителя, выполненную в форме воронки.

Из воздухоотделителя по вертикальному трубопроводу вода направляется в кольцевой коллектор водораспределительной системы. В вертикальный опускной трубопровод производится дозирование флокулянта.

Из водораспределительной системы вода с реагентами поступает в кольцевую камеру шламообразования и, соответственно, контактную зону, где в восходящем потоке формируется взвешенный слой шлама. Увеличение размеров и задержание хлопьев происходит по всей высоте движения воды через толщу контактной среды, которая состоит из выделившегося из воды шлама.

Шлам образуется непрерывно удаляться из зоны контактной среды. С этой целью часть воды вместе со шламом через шламоотводящие трубы отводится в шламоуплотнитель, где шлам оседает, уплотняется и удаляется при продувке по трубопроводу в дренаж. Непрерывная продувка шламоуплотнителя должна быть открыта постоянно. Величина непрерывной продувки должна составлять 1-3% от производительности осветлителя. Кроме непрерывной продувки периодически выполняется сброс в дренаж из нижней части осветлителя (грязевика) в ручном режиме до - 5% общего расхода воды в течении 1 мин один раз в смену. Осветленная вода восходящим потоком проходит пластиковый жалюзийный сепаратор, где происходит сепарация мелких взвешенных частиц шлама, и через сборный желоб направляется в сливной трубопровод. Через трубопровод вода самотеком сливается в бак с коагулированной водой

Количество воды, вышедшей из осветлителя, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q_o = Q_m + q \tag{71}$$

где Q_m – расчетная производительность механических фильтров, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 q – средне-часовой расход на промывку механических фильтров, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$Q_o = 142,28 + 21,83 = 164,11$$

Количество воды, обрабатываемой в осветлителе с учетом 3% на продувку осветлителя, м³/ч

$$Q_o^1 = Q_o + Q_{сн} \quad (72)$$

где Q_o - количество воды, выходящей из осветлителя м³/ч;
 $Q_{сн}$ - суммарные собственные нужды, м³/ч.

$$Q_o^1 = 164,11 + 4,92 = 169,03$$

Количество осветлителей n=4 шт.

Характеристика осветлителей[7]:

Диаметр D=9,м;

Площадь F= 62,м²;

Объем V= 330;

Производительность 220,м³/ч;

Удельный расход технического коагулянта Al₂(OH)₃Cl:

$K_k=4.6$ г/м³.

Расход технического коагулянта, кг/ч

$$Q_m^k = \frac{Q_o^1 \cdot K_k}{1000} \quad (73)$$

где Q_o^1 - количество воды обрабатываемой в осветлителе с учетом продувки м³/ч;

K_k - Удельный расход 100% коагулянта, г/м³.

$$Q_m^k = \frac{169,03 \cdot 4,6}{1000} = 0,77$$

Суточный расход технического коагулянта, кг/сут

$$Q_{сут} = Q_m^k \cdot 24 \quad (74)$$

где Q_m^k - часовой расход технического коагулянта, кг/ч.

$$Q_{сут} = 0,77 \cdot 24 = 18,66$$

Месячный расход технического коагулянта, т/мес

$$Q_{мес} = \frac{Q_{сут} \cdot 30}{1000} \quad (75)$$

где $Q_{сут}$ – суточный расход технического коагулянта, кг/сут

$$Q_{мес} = \frac{18,66 \cdot 30}{1000} = 0,55$$

Таблица 11 – Общие сведения по ВПУ

Наименование	Осветлитель	Механический фильтр	УУФ	Обратный осмос	На-кат.
Производительность м ³ /ч	164,11	142,28	115,7	95,7	95,4
Собственные нужды м ³ /ч	4,9	21,83	26,3	10	0,28
Объем катионита м ³	-	-	-	-	10,6
Объем фильтрующего материала м ³	-	-	-	-	10,6
Техническая соль кг/сут	-	-	-	-	143,59
Расход коагулянта кг/сут	0,55	-	-	-	-
Щелочь кг/сут	-	-	36,4	-	-
Серная кислота кг/сут	-	-	36,4	48,3	-
Гипохлорид кг/сут	18,66	-	36,4	-	-
Бисульфит натрия кг/сут	-	-	-	3,456	-
Антискалант кг/сут	-	-	-	3,456	-

Таблица 12 – Показатели ВПУ

Наименования	Показатели
На – катионитный фильтр, <i>шт</i> Вода: производительность, $m^3/ч$ собственные нужды, $m^3/ч$ Реагенты: техническая соль, <i>кг/сут</i> объем фильтрующего материала, m^3	1(1) 95,4 0,28 143,59 10,6
Обратный осмос, модуль, <i>шт</i> Вода: производительность, $m^3/ч$ собственные нужды, $m^3/ч$ Реагенты: бисульфит натрия, <i>кг/сут</i> Антискалант, <i>кг/сут</i> Серная кислота, <i>кг/сут</i>	4(1) 95,7 10 3,456 3,456 48,3
Установка ультрафильтрации, модуль, <i>шт</i> Вода: производительность, $m^3/ч$ собственные нужды, $m^3/ч$ Реагенты: щелочь, NaOH, <i>кг/сут</i> серная кислота, H ₂ SO ₄ , <i>кг/сут</i> гипохлорид, NaClO , <i>кг/сут</i>	2(1) 115,7 26,3 36,4 36,4 36,4
Осветлитель(механический)фильтр Количество, <i>шт</i> Производительность, $m^3/ч$ Собственные нужды, $m^3/ч$ Объем фильтрующего материала, m^2	2(1) 142,28 21,83 27,3
Осветлитель,шт Производительность, $m^3/ч$ Собственные нужды, $m^3/ч$ Расход коагулянта, <i>кг/сут</i>	4 164,11 4,9 0,55

4 Экономическая часть [изъято 4 страницы]

5 Безопасность проектируемого объекта

5.1 Общая характеристика проектируемого объекта с точки зрения безопасности и безвредных условий труда

Водоподготовительная установка производительностью 95,4 (м³/час) будет расположена в котельной на площадке спроектированного цеха химводоочистки ТЭЦ города Ужур. В состав установки войдут:

- а) открытое баковое хозяйство (аппаратный двор);
- б) яма мокрого хранения соли;
- в) водоподготовительная установка.

Проектируемая водоподготовительная установка предназначена для приготовления воды для питания паровых котлов БКЗ-420-140 и подпитки теплосети.

Источником водоснабжения является река Чернавка[6].

По характеру строительства сооружаемые объекты комплекса не относятся к сложным, так как имеют аналоги, построенные на предприятиях данной отрасли, не содержат уникального технологического оборудования, решены в традиционных для данного региона конструкциях.

Таблица 14– Основные природно – климатические характеристики района строительства

Основные природно-климатические характеристики района строительства	Величина	Обоснование по СНиП
Нормативное значение ветрового давления для II ветрового района, кгс/м ²	30	СНиП 2.01.07 -85*
Расчетное значение веса снегового покрова для II снегового района, кгс/м ²	120	СНиП 2.01.07 -85*
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92	-52	СНиП 23 – 01 - 99
Средняя температура отопительного периода, °С	-20,2	СНиП 23 – 01 - 99
Продолжительность отопительного периода, дней	284	СНиП 23 – 01 - 99
Климатический район строительства	IA	СНиП 23 – 01 - 99
Зона влажности района	сухая	СНиП 23 – 01 - 99
Сейсмичность района, балл	7	СНиП 22 – 01 -95, ОСР – 97 ABC
Нормативная глубина промерзания грунтов, м	3,2	СНиП 2.01.01 – 83

При разработке проекта использованы следующие материалы, положения и действующие нормативные документы:

-СНиП 2.01.07 -85* «Нагрузки и воздействия»

-СНиП 23 – 01 – 99 «Строительная климатология»

- СНиП 22 – 01 – 95 «Геофизика опасных природных воздействий»
- СНиП 21 – 01 – 97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
- СанПин 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- СНиП 23 – 05 – 05 «Естественное и искусственное освещение»
- ПУЭ издание 7
- ГОСТ Р 50571 «Электроустановки зданий»
- СНиП 23 – 03 – 2003 «Защита от шума»
- СН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
- ГОСТ 26568 – 85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация»
- ГОСТ Р 51330.13 – 99 «Электрооборудование взрывозащищенное»
- ГОСТ 27331 – 87
- РМ4 – 223 – 89 «Система автоматизации технологических процессов. Требования к выполнению электроустановок систем автоматизации во взрывоопасных зонах»
- ППБ 01 - 200 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»

5.2 Производственная санитария

5.2.1 Микроклимат производственных помещений

Рабочим местом оперативно – эксплуатационного персонала является пространственная зона, определенная с учетом норм обслуживания, маршрутных и технологических карт.

Категория работы – средней тяжести (Пб). К этой категории относятся работы с интенсивностью энергозатрат (233 – 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 (кг) и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (энергозатраты от 201 – 250 ккал/ч). Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в производственных помещениях представлены в таблицах 15 и 16 (СанПиН 2.2.4.548 – 96)

Таблица 15 – Оптимальные показатели микроклимата в помещениях

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (233-290)	17 – 19	16 – 20	40 – 60	0,2
Теплый	Пб (233-290)	19 – 21	18 – 22	40 – 60	0,2

Таблица 16 – Допустимые показатели микроклимата в помещениях

Период года	Категория работ по уровням энергозаграт, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб (233-290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233-290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75	0,2	0,5

При температуре воздуха на рабочих местах 25 (°С) и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% - при температуре воздуха 25 (°С);
- 65% - при температуре воздуха 26 (°С);
- 60% - при температуре воздуха 27 (°С);
- 50% - при температуре воздуха 28 (°С).

При температуре воздуха 26 – 28 (°С) скорость движения воздуха для теплого периода года должна соответствовать диапазону 0,2 – 0,4 (м/с) – при категории работ Пб.

Приточно– вытяжная система вентиляции, работающая в автоматическом режиме, обеспечивает регулирование температуры подаваемого в помещение воздуха. Для создания комфортных условий труда в летнее время предусматривается кондиционирование воздуха.

Для сокращения теплового воздействия на технологический персонал трубопроводы пара, теплообменники, расположенные в помещении производственного корпуса, изолируются теплоизоляционными материалами.

Отопление в производственном помещении водоподготовки проектируется дежурное на внутреннюю температуру плюс 5 [°С] отопительно–рециркуляционными агрегатами, недостающее количество тепла поступает с приточным воздухом. В помещении трансформаторной подстанции, приточных венткамерах отопление воздушное, совмещенное приточной вентиляцией. В помещениях административно – бытового комплекса отопление

нагревательными приборами, конвекторами типа «Комфорт». Система отопления однетрубная горизонтальная.

Теплоносителем для нужд отопления производственного здания служит теплофикационная вода с параметрами:

-температура 130/70 (°С);

-давление в подающей магистрали $P = 1$ (МПа), в обратной $P = 0,6$ (МПа), поступающая из наружных тепловых сетей;

-для нужд отопления административно – бытового здания горячая вода с температурой 95/70 (°С) после теплообменника.

В производственном помещении вентиляция механическая приточная и вытяжная.

Приточный воздух подается в помещение через воздухораспределители. Вытяжка осуществляется вентиляторами. На аварийный случай разлива серной кислоты из емкости, предусмотрен местный отсос.

В трансформаторной подстанции воздухообмен рассчитан на разбавление тепловыделений в летнее время. В приточных венткамерах приточная вентиляция с кратностью воздухообмена 2,6 – 3,7, в операторской – двухкратный подпор воздуха.

В лабораторном помещении вентиляция приточно – вытяжная механическая. От шкафа предусмотрена местная вытяжная система. Количество удаляемого воздуха определено по расчетной скорости движения воздуха в рабочем проеме и расчетной площади рабочего проема вытяжного шкафа.

Количество удаляемого воздуха общеобменной вентиляции рассчитано по кратности равное 2.

Количество приточного воздуха подается на компенсацию удаляемого воздуха из шкафа. Подача приточного воздуха предусмотрено непосредственно в лабораторное помещение в объеме 90 (%) от воздухообмена, остальное количество подается в коридор.

В административно – бытовом помещении вентиляция приточно – вытяжная механическая и естественная. Воздухообмен рассчитан по кратности.

В гардеробные количество приточного воздуха подается на компенсации вытяжки из душевых.

В коридор предусмотрена подача приточного воздуха для возмещения удаляемого из санузлов.

5.3 Защита от вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Токсикологическая характеристика вредных веществ представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Характеристика вредных веществ (реагентов), участвующих в процессе химводоочистки

Наименование веществ	Агрегатное состояние	Характер воздействия на организм человека	ПДК, мг/м ³	Класс опасности по ГОСТ 12.1.005 – 88
Кислота серная	Раствор, концентрация 93%	сильное раздражение и химические ожоги слизистых оболочек дыхательных путей и пищеварительного тракта	1,0	2 класс опасности, мгновенно разлагается
Гидроксид натрия	Раствор концентрация, 46%	2 класс опасности	0,5	2 класс опасности, мгновенно разлагается
Бисульфит	Бесцветная жидкость, концентрация 25 – 35 %	аллергическая реакция, опасен при попадании в глаза и в пищеварительный тракт	5,0	4 класс опасности, биоразлагаем 100% в течении недели
Антискалант	Бесцветный. Продукт не классифицирован по вредности, не горюч	3 класс опасности (умеренно опасное)	не летуч	4 класс опасности, биоразлагаем 100% в течении недели

Постоянное выделение вредных веществ в рабочих зонах отсутствует. В аварийных случаях возможные выделения вредных веществ не превышают ПДК. Предусмотрены местные отсосы воздуха в узле дозирования коагулянта и узле дозирования растворов химических веществ.

На случай аварийного разлива под емкостями хранения растворов серной кислоты, гидроксида натрия, антискаланта, бисульфита предусмотрен поддон, исключающий перелив вредных веществ на пол.

При разливе растворов их обезвреживают, поливая место разлива обильным количеством воды, и нейтрализуют. Вся система дозирования реагентов от емкостей через дозаторы и до узлов ввода выполнена герметичной и не допускают каких – либо утечек.

Все емкости дозирования реагентов выполнены в герметичном исполнении, а наиболее опасных реагентов – серной кислоты, щелочи – оснащены дыхательными трубами с выводом за пределы помещения. Решения по автоматизации производства исключают необходимость постоянного или длительного присутствия человека в рабочей зоне.

6 Охрана окружающей среды

Эксплуатация ВПУ связана с потреблением больших количеств извести, коагулянта, регенерантов ($H_2SO_4, NaOH, NaCl$). Стоки предочистки содержат шлам различного состава, определяемого ее типом. Основная часть регенерирующих веществ переходит в сточные регенерационные воды и является потенциальным источником загрязнения природных водных объектов. Количественные характеристики сбросных вод ВПУ определяются при проведении технологических расчетов.

Сброс вод, содержащих такие загрязнения, даже после взаимной нейтрализации кислых и щелочных стоков обессоливающих установок разрешается в таких редких случаях, когда естественный водоем имеет мощный дебит, способный разбавлять вредные химические вещества до значений их ПДК.

Совершенствование экономичных и экологических схем ВПУ в настоящее время ведется в следующих направлениях:

- 1) применение противоточных фильтров схемах ВПУ;
- 2) использование мембранных технологий;
- 3) изменение внутренних взаимосвязей различных узлов технологических схем и применение оборудования, позволяющего снизить расходы реагентов и воды на собственные нужды, извлекать из сточных вод ценные компоненты, т.е. создавать малоотходные схемы ВПУ.

Применение баромембранных технологий в вопросах окружающей среды позволяет:

-сократить расходы реагентов на обработку воды более чем в 4 раза, то есть изменение химического состава воды не происходит:

-выделение из воды наиболее загрязненной части и её отдельная обработка;

-сбор, очистка и повторное использование коагулированной воды и после физических промывок установки ультрафильтрации.

Обратноосмотическое обессоливание является практически безреагентным методом обработки воды, характеризующимся простотой и надежностью эксплуатации, низкими энергозатратами, стабильными показателями качества пермеата, отсутствием сброса избыточных солей в водоемы, отсутствием существенных затрат на ремонтно-профилактические работы. Отходом процесса обратноосмотического обессоливания является только концентрат, содержащий растворенные соли в количестве, эквивалентном поступившим с исходной водой.

Замена Na-катионитовых фильтров установками ультрафильтрации и обратного осмоса позволит сократить сброс регенерационных промывочных вод в восемнадцать раз.

Оставшиеся стоки от химических промывок и регенерации Na-катионитовых фильтров сливаются на станцию нейтрализации ТЭЦ, где вместе со стоками от котельного и турбинного отделения проходят обработку.

Обработанная вода поступает на заводские пруды накопители для использования как оборотной на технологические нужды завода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлась разработка варианта подготовки частично обессоленной воды для подпитки паровых котлов ТЭЦ с применением новой технологии - обратный осмос.

При применении современных мембран в модулях ультрафильтрации и обратного осмоса полученное качество обессоленной воды позволяет значительно увеличить сроки эксплуатации теплоэнергетического оборудования.

Данная технология позволяет более чем в 18 раз сократить количество сточных вод от регенерационных промывок. Компактность данных модулей позволяет сократить производственно-эксплуатационные расходы. Так же при этой технологии снижается количество потребляемых реагентов более чем в пять раз, что приведет к улучшению экологической обстановки в районе реки Чернавка.

Представленная схема ВПУ включает в себя две ступени предварительной очистки от грубодисперсных и коллоиднодисперсных примесей, в виде осветлителя и механических фильтров. Делается это ввиду высоких требований к воде поступающей в ультрафильтрацию и ОО. Последними установлены Na-катионитовые фильтры, которые выполняют роль барьеров, дополнительной защиты, поддерживая нормальные показатели качества воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Лифшиц, О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок / О. В. Лифшиц. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1976. – 288 с.
- 2.Елизаров, Д.П. Теплоэнергетические установки электростанции: учебник для студентов энергомашиностроительных специальностей вузов / Д. П. Елизаров, Ю. В. Петровский, Л. Н. Синельникова. – Москва: Энергия, 1967. – 256 с.
- 3.Григорьева,В.А Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1982. 624 с
- 4.Цыганок А.П, Проектирование тепловых электрических станций: Учебное пособие. Цыганок А.П, Михайленко С.А – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.-127 с.
- 5.Кузнецов Н.В. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)/ Под ред. Н.В. Кузнецов и др. – М.: Энергия, 1973.- 56с.
- 6.Информация по р.Чернавка [Электронный ресурс]:Информационный портал «Википедия» .- Режим доступа:
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B0_\(%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%A7%D1%83%D0%BB%D1%8B%D0%BC%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B0_(%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%A7%D1%83%D0%BB%D1%8B%D0%BC%D0%B0))
- 7.ЧичироваН.Д. Баромембранные технологии в энергетике: Справочник/Под ред.ЧичироваН.Д, ВласовС.М.-Казань Казанский государственный университет 2011.-272с.
- 8.Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции:учебник для студентов технических вузов/ Рыжкин В.Я. - Москва.: Энергоатомиздат, 1987.-272с.
- 9.Бурцева М.А. Общая пояснительная записка. п.Депутатский Усть - Янского улуса Республики Саха (Якутия). Мини ТЭЦ на угле. Том 1.1 – Новокузнецк: СибСантехпроект, 2009. – 66 с.
- 10.Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности в техносфере: учебник /О.Н. Русак. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1998. – 431с.
- 11.Колот, В.В. Безопасность проектируемого объекта: методическое пособие / В.В. Колот, О.Н. Ледяева. – Красноярск: ИТЦ КГТУ, 1998. – 20с
- 12.Приказ об установлении тарифов на питьевую воду и водоотведение в Ужурском районе Красноярского края [Электронный ресурс]:Официальный портал Красноярского Края.- Режим доступа:
http://krskstate.ru/dat/bin/docs_attach/21087_244_v.pdf
- 13.Beitzinger-Stein U. Aufbereitung von Uferfiltrat durch Umkehrosmose in Grosskraftwerk Mannheim gwf Wasser/ U.Beitzinger-Stein,A.Bursik// VGB Kraftwerktechnik.Bd 66(1986). Helf 2. P.556-651.
- 14.Бредихин М.Н. Мембранные методы очистки воды, компания «Инфраспак-Лаб», Новосибирск.[Электронный ресурс]: - Режим доступа:<http://www.sibai.ru>

15.Мамонтов В.В. Исследование коэффициента задержания и удельной производительности в процессе обратноосмотической очистки технической воды / В.В.Мамонтов, Д.Ю.Редин, К.С.Лазарев, В.Л.Головашин // Химия и химическая технология. -2007.-№9.-с.18-20.

16.Мосин О.В. Обратный осмос / О.В.Мосин. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.o8ode.ru>