

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Специальность

13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

**РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ
УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ УП 05.01**

***ПМ 05 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ОДНОЙ ИЛИ НЕСКОЛЬКИМ ПРОФЕССИЯМ
РАБОЧИХ, ДОЛЖНОСТЯМ СЛУЖАЩИХ***

Тема: РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Содержание

Введение	4
1 Теоретическое введение	6
1.1 Определение производительности водоподготовительной установки	6
1.2 Расчет осветлительных фильтров	6
1.3 Расчет ионитных фильтров	10
1.4 Определение расхода реагентов для регенерации ионитных фильтров	11
1.5 Расчет декарбонизаторов	14
2 Пример расчета	19
3 Индивидуальное задание	23
4 Требования к оформлению расчетного задания	24
5 Критерии оценок	25
Заключение	26
Список использованных источников	27
Приложение А	28

Введение

Согласно Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ) режим эксплуатации водоподготовительных установок и водно-химический режим должны обеспечить работу электростанций и предприятий тепловых сетей без повреждений и снижения экономичности, вызываемых коррозией внутренних поверхностей водоподготовительного, теплоэнергетического и сетевого оборудования, а также без образования накипи и отложений на теплопередающих поверхностях, отложений в проточной части турбин, шлама в оборудовании и трубопроводах электростанций и тепловых сетей.

Оборудование современных ТЭС эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, что требует жёсткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева по условиям температурного режима их металла в течение рабочей кампании. Такие отложения образуются из примесей, поступающих в циклы электростанций, в том числе и с добавочной водой, поэтому обеспечение высокого качества водных теплоносителей ТЭС является важнейшей задачей. Использование водного теплоносителя высокого качества упрощает также решение задач получения чистого пара, минимизации скоростей коррозии конструктивных материалов котлов, турбин и оборудования конденсатно-питательного тракта.

Для удовлетворения разнообразных требований к качеству воды, потребляемой при выработке электрической и тепловой энергии, возникает необходимость специальной физико-химической обработки её. Эта вода является, по существу, исходным сырьём, которое после надлежащей обработки (очистки) используется для следующих целей: а) в качестве исходного вещества для получения пара в котлах, парогенераторах, испарителях, паропреобразователях; б) для конденсации отработавшего в паровых турбинах пара; в) для охлаждения различных аппаратов и агрегатов ТЭС; г) в качестве теплоносителя в тепловых сетях и системах горячего водоснабжения.

Одновременно с очисткой природной воды на электростанциях необходимо решать комплексные вопросы, связанные с утилизацией различными методами образующихся при этом сточных вод. Такое решение является мерой защиты от загрязнения природных источников питьевого и промышленного водоснабжения.

Выбор метода обработки воды, составление общей схемы технологического процесса при применении различных методов, определение требований, предъявляемых к качеству её, существенно зависят от состава исходных вод, типа электростанции, параметров её, применяемого основного оборудования (паровых котлов, турбин), системы теплофикации и горячего водоснабжения. При применении термических методов обработки воды экономичность их зависит также от того, как включена обессоливающая установка в схему станции, и от характеристик и параметров оборудования.

На тепловых электростанциях применяются различные методы обработки воды, однако их можно разделить на безреагентные, или физические методы и методы, в которых используются различные препараты (химические реагенты). Безреагентные (физические) методы применяются и как отдельные этапы в общем технологическом процессе обработки воды, и как самостоятельные методы, обеспечивающие получение воды требуемого качества. Применяя химическую обработку, можно получить как умягченную, так и глубокообессоленную воду; при одном из наиболее распространенных на ТЭС физических методов – термической обработке воды – всегда получают дистиллят, т.е. воду с очень небольшим содержанием примесей. Однако в ряде случаев при термической обработке, проводимой в целях глубокого обессоливания, применяется умягчённая вода, т.е. вода, уже прошедшая химическую обработку или ионирование.

При эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ) образуются сточные воды в количестве 5-20 % расхода обрабатываемой воды, которые обычно содержат шлам, состоящий из карбонатов кальция и магния, железа и алюминия, органических веществ, песка, а также различные соли серной и соляной кислот, переходящие в стоки при регенерации фильтров. С учётом известных предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водоёмах стоки ВПУ перед их сбросом должны соответствующим образом очищаться, причем затраты на обезвреживание стоков обычно сопоставимы с затратами на приготовление воды требуемого качества, поэтому задача создания малосточных ВПУ является актуальной.

Основной продукцией цеха ХВО является химически очищенная вода, применяемая на производстве «Иркутскэнерго» (ТЭЦ-6), для котлов среднего давления, для корьевых котлов, для котлов высокого давления «Иркутскэнерго» (ТЭЦ-6).

Качество обессоленной воды, предназначенной для ТЭЦ-6 должно соответствовать требованиям и нормам.

1 Теоретическое введение

1.1 Определение производительности водоподготовительной установки

Производительность водоподготовительной установки без учета расхода воды на собственные нужды самой водоподготовительной установки, можно определить по следующим формулам:

а) для промышленных ТЭС, на которых внутристанционные и внешние потери пара и конденсата, а также потери с продувочной водой

$$Q = k \left[\alpha' + \alpha'' + (1 - \beta) \frac{\rho}{100} \right] D_n n \quad (1)$$

где Q – производительность водоподготовительной установки, м³/ч;

k – коэффициент запаса, равный 1,1 – 1,2;

D_n – производительность парогенератора без учета потерь пара и конденсата, т/ч;

n – число парогенераторов, установленных на электростанции;

α' и α'' – внутристанционные и внешние потери пара и конденсата в долях величины D_n ;

ρ – величина продувки, %;

β – доли пара, отсепарированного в расширителе непрерывной продувки парогенераторов и паропреобразователей, от величины последней.

Производительность водоподготовительной установки, подсчитанная по указанным рекомендациям, не учитывает расхода воды на собственные нужды установки. Поэтому технологический расчет ее необходимо производить «с конца», т.е. в порядке, обратном последовательным стадиям обработки, причем при расчете каждой предыдущей стадии технологического процесса учитывается расход воды на собственные нужды последующей стадии. Последней рассчитывается коагуляционная установка на пропуск полного количества обрабатываемой воды с учетом расхода ее на собственные нужды всех последующих стадий обработки.

1.2 Расчет осветлительных фильтров

Расчет осветлительных фильтров выполняется исходя из производительности, учитывающей расход осветлительной воды на собственные нужды всех установленных фильтров.

Необходимая площадь фильтрования приближенно определяется по формуле:

$$F' = \frac{Q}{\omega} \quad (2)$$

где F' – площадь фильтрования, m^2 ;

Q – производительность фильтров по осветленной воде без учета расхода воды на собственные нужды, $m^3/ч$;

ω – скорость фильтрования при нормальном режиме работы фильтров, $m/ч$ (таблица 1).

Таблица 1 – Расчетная скорость фильтрования в осветительных фильтрах.

Фильтрующий материал	Диаметр зерна, мм	Скорость фильтрования, $m/ч$	
		нормальная	максимальная
Антрацит	0,5 – 1,2	6,0	7,5
Антрацит	0,8 – 1,8	10,0	12,0
Кварц	0,5 – 1,2	10,0	12,0

Исходя из соображений эксплуатационной надежности число одновременно работающих фильтров одинакового диаметра принимается не менее трех.

Необходимая площадь фильтрования каждого фильтра определяется по формуле:

$$f' = \frac{F'}{n} \quad (3)$$

где f' – площадь фильтрования каждого фильтра, m^2 ;

n – количество фильтров.

По таблице 2 подбираем площадь f серийно выпускаемых заводами фильтров с округлением полученного по формуле (3) значения в сторону увеличения ($f > f'$).

Таблица 2 – Основные размеры стандартных осветительных фильтров

	Фильтр	Диаметр фильтра, мм					
		1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площадь фильтрования, m^2	Однокамерный	0,79	1,77	3,14	5,30	7,10	9,10
	Духкамерный	1,58	3,54	6,28	10,6	14,2	18,2
Высота слоя, м	Однокамерный	1000					
	Духкамерный	900					

Расход воды на взрыхляющую промывку каждого фильтра определяется по формуле

$$Q_{ВЗР} = \frac{f \cdot i \cdot t_{ВЗР} \cdot 60}{1000} \quad (4)$$

где $q_{ВЗР}$ – расход воды на взрыхляющую промывку каждого фильтра, $м^3$
 f – площадь фильтрования каждого фильтра, $м^2$;
 i – интенсивность взрыхления фильтра, которая принимается для фильтров, загруженных антрацитом, в пределах 10 – 12 л/(сек·м), а для двухслойных фильтров, загруженных кварцевым песком и антрацитом, – в пределах 13 – 15 л/(сек·м);

$t_{ВЗР}$ – продолжительность взрыхляющей промывки фильтра, которая принимается для фильтров, загруженных антрацитом, в пределах 5 – 6 мин, а для двухслойных фильтров, загруженных кварцевым песком и антрацитом, в пределах 6 – 7 мин.

Расход воды на обмывку осветительных фильтров путем спуска в дренаж первого мутного фильтра со скоростью 4 м/ч в течение 10 мин определяется по формуле

$$q_{ОТМ} = \frac{f \cdot \omega \cdot t_{ОТМ}}{60}, м^3 \quad (5)$$

где $q_{ОТМ}$ – расход воды на обмывку осветительных фильтров, $м^3$;
 ω – скорость фильтрования, м/ч;
 $t_{ОТМ}$ – продолжительность отмывки фильтра, мин.

Часовой расход воды на собственные нужды всех фильтров определяется по формуле:

$$q_{ч} = \frac{(q_{ВЗР} + q_{ОТМ}) \cdot m \cdot n}{24} \quad (6)$$

где $q_{ч}$ – часовой расход воды на собственные нужды всех фильтров;
 m – количество отмывок каждого фильтра в сутки, принимается равным $1 \div 3$.

Производительность осветительных фильтров брутто с учетом расхода воды на их собственные нужды определяется по формуле

$$Q_{БР} = Q + q_{ч} \quad (7)$$

где $Q_{БР}$ – производительность осветительных фильтров брутто с учетом расхода воды на их собственные нужды.

Действительная скорость фильтрования при работе всех фильтров равна:

$$\omega_n = \frac{Q_{БР}}{n \cdot f} \quad (8)$$

где ω_n – действительная скорость фильтрования при работе всех фильтров.

А во время выключения одного из фильтров на промывку

$$\omega_{n-1} = \frac{Q_{BP}}{(n-1) \cdot f} \quad (9)$$

где ω_{n-1} – действительная скорость фильтрования во время выключения одного из фильтров на промывку.

Если скорость ω_{n-1} больше максимально допустимой для рассчитываемой группы фильтров, необходимо уменьшить принятое расчетное значение скорости фильтрования при нормальном режиме и уточнить расчет.

Кроме одновременно работающих осветительных фильтров, на каждую их группу, равную или менее 12 фильтров, устанавливается один дополнительный фильтр такого же диаметра без загрузки его фильтрующим материалом, который используется для гидроперегрузки во время ревизии или ремонта одного из фильтров.

Высота фильтрующего слоя принимается по данным таблицы 2 для стандартных осветительных фильтров.

Продолжительность полезной работы фильтра T между промывками определяется из уравнения

$$\Gamma f n = \frac{G_B \cdot Q_{BP}}{1000 \cdot n} (T + t) \quad (10)$$

где Γ – удельная грязеемкость фильтрующего материала, $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. табл.3);

G_B – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на осветительные фильтры, $\text{г}/\text{м}^3$; $G = 10 \text{ г}/\text{м}^3$ для схем водоподготовки с осветлителями; для схем водоподготовки без осветлителей $G_B = B + K_{Al} \mathcal{E}_k (K' + K'')$;

B – концентрация взвешенных веществ в исходной воде, $\text{г}/\text{м}^3$;

K_{Al} – доза коагулянта, $\text{г-экв}/\text{м}^3$ ($K_{Al} = 1 \text{ г-экв}/\text{м}^3$);

\mathcal{E}_k – эквивалентный вес коагулянта;

K' – коэффициент, учитывающий количество нерастворимых примесей в коагулянте, равный примерно 0,01;

K'' – переводный коэффициент для пересчета $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в $\text{Al}(\text{OH})_3$, равный 0,46;

T – продолжительность полезной работы фильтра, ч.

Суточное количество цикла каждого фильтра определяется по формуле

$$m = \frac{24}{T + t} \quad (11)$$

где t – продолжительность операций, связанных с промывкой фильтра, равная 0,5 ч.

Если полученное по этой формуле значение t отличается от принятого в начале расчета, следует перезадаваться им и откорректировать расчет.

Таблица 3 – Удельная грязеемкость фильтрующих материалов, кг/м

Фильтрующие материалы	Коагуляция без осветлителя	Коагуляция с осветлителем	Без коагуляции
Антрацит	1,75	1,5	1,0
Кварц или мрамор	1,5	1,25	0,75

1.3. Расчет ионитных фильтров

Необходимая площадь фильтрования натрий-катионитных и водород-катионитных фильтров определяется по формуле (2):

$$F' = \frac{Q}{\omega}$$

где Q – производительность фильтров без учета расхода воды на собственные нужды рассчитываемой группы фильтров, м³/ч;

ω – см. табл. 4

Таблица 4 – Скорость фильтрования в катионовых фильтрах первой ступени

Жесткость умягчаемой воды мг - экв/кг	Скорость фильтрования, м/ч
5	25 – 35
6 – 10	15 – 25
10 – 20	10 – 20

Расчетная скорость в катионитных фильтрах второй ступени принимается в пределах 40 – 50 м/ч. Число n одновременно работающих фильтров одинакового диаметра принимается не менее трех исходя из соображений эксплуатационной надежности.

Необходимая площадь фильтрования каждого фильтра определяется по формуле (3).

По таблице (5) подбираем площадь f серийно выпускаемых заводами катионитных фильтров с округлением полученного по формуле (3) значения f' в сторону увеличения.

Таблица 5 – Основные размеры серийно выпускаемых заводами катионитных фильтров

Диаметр фильтра, мм	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площадь фильтрования, м ²	0,99	1,77	3,14	5,30	7,10	9,10
Высота слоя в фильтрах I ступени, мм	2000	2000	2500	2500	2500	2500
Высота слоя в фильтрах II ступени, мм	1500	1500	1500	1500	1500	1500

Продолжительность фильтроцикла водород- и натрий-катионитных фильтров I ступени, работающих по схемам умягчения и частичного обессоливания воды с проскоком через фильтр всех катионов натрия, т.е. до начала повышения жесткости фильтрата, определяется по формуле

$$T + t = \frac{f h e_{расч} n}{Q Ж_0} \quad (12)$$

где T – полезная продолжительность фильтроцикла от начала работы фильтра до начала его регенерации (для непрерывно работающих установок при ручном управлении задвижками величину T рекомендуется принимать равной 22,5 ч, а при автоматизированном управлении фильтрами – 10,5 ч);

t – продолжительность операций, связанных с регенерацией фильтров, равная 1,5 ч;

f – сечение фильтра, м²;

h – высота слоя катионита, м (см. табл.5);

n – число установленных фильтров;

Q – производительность рассчитываемой группы фильтров без учета расхода воды на собственные нужды их, м³/ч;

$Ж_0$ – общая жесткость воды, поступающей на катионитные фильтры, г-экв/м³;

$e_{расч}$ – расчетная обменная емкость катионита, г-экв/м³.

1.4 Определение расхода реагентов для регенерации ионитных фильтров

Суточное число регенераций одного фильтра составляет $m = 24/(T + t)$, а всех фильтров данной группы $n_c = mn$.

Суточный расход поваренной соли и регенерацию Na-катионитных фильтров определяется по формуле

$$G_{NaCl} = \frac{f h e_{расч}^{Na} \cdot n_c \cdot b_c}{10^6} \quad (13)$$

где G_{NaCl} – суточный расход поваренной соли и регенерацию Na-катионитных фильтров, т/сут;

b_c – удельный расход NaCl, г/г-экв (принимается по табл. 6)

Суточный расход 100%-ной серной кислоты на регенерацию Н-катионитных фильтров определяется по формуле

$$G_{H_2SO_4}^{100} = \frac{fhe_{расч}^H \cdot n_c}{10^6} \cdot b_K \quad (14)$$

где b_K – удельный расход H_2SO_4 , г/г-экв (принимается по табл. 6)

Суточный расход 100%-ного едкого пара на регенерацию анионитных фильтров можно определить по формуле

$$G_{H_2SO_4}^{100} = \frac{fhe_{расч}^H \cdot n_c}{10^6} \cdot b_{Щ} \quad (15)$$

где $b_{Щ}$ – удельный расход $NaOH$, г/г-экв, принимаемый по таблице 6.

Суточный расход концентрированных растворов H_2SO_4 в объемном выражении определяется по формуле

$$V = \frac{G^{100} \cdot 100}{C\rho} \quad (16)$$

где V – суточный расход концентрированных растворов H_2SO_4 в объемном выражении, м³/с;

ρ – плотность технических растворов H_2SO_4 и $NaOH$ при 20°C;

C – концентрация технических растворов H_2SO_4 и $NaOH$ при 20°C, а именно:

Таблица 6 – Концентрация и плотность некоторых растворов

Раствор	Концентрация, %	Плотность, т/м ²
Башенная H_2SO_4	75	1,67
Камерная H_2SO_4	65	1,55
$NaOH$	42	1,45

Необходимую площадь складских помещений для размещения сыпучих реагентов (поваренная соль коагулянты, известь и др.) можно определить по формуле:

$$F_{скл} = \frac{G^{100} \cdot n}{k \cdot \rho \cdot h} \quad (17)$$

где $F_{скл}$ – площадь склада, необходимая для размещения данного реагента, м²;

G – суточный расход реагента, т/сутки;

ρ – насыпной вес реагента, т/м³;

n – число суток на которое рассчитывается запас реагента (не меньше 30);

h – высота ячейки для реагентов, м;

k – доля активного вещества в реагенте.

Расход воды на собственные нужды данной группы ионитных фильтров складывается из следующих расходов: на приготовление регенерирующих растворов, на взрыхление ионитов и обмывку ионитов от продуктов регенерации и избытка регенерирующих реагентов.

Суточный расход воды Q_1 для приготовления регенерационного раствора можно определить по формуле:

$$Q_1 = \frac{G^{100} \cdot 100}{C} \quad (18)$$

где Q_1 – суточный расход воды для приготовления регенерационного раствора, м³/сут;

G^{100} – суточный расход 100%-ного реагента, т/сутки;

C – концентрация регенерационного раствора, %.

Суточный расход воды Q_2 на взрыхление ионита вычисляется по формуле:

$$Q_2 = \frac{\int itn_c \cdot 60}{1000} \quad (19)$$

где Q_2 – суточный расход воды на взрыхление ионита, м³/сут;

i – интенсивность взрыхлителя, л/(м²·сек); для сульфоугольных фильтров I степени $i = 2,8$ л/(м²·сек); для сульфоугольных фильтров II степени $i = 3,0$ л/(м²·сек);

t – продолжительность взрыхления, равная 12–15 минут.

Суточный расход воды на обмывку ионита от продуктов регенерации и избытка регенерирующего реагента определяется по формуле

$$Q_3 = f \cdot h \cdot a \cdot n_c \quad (20)$$

где Q_3 – суточный расход воды на обмывку ионита от продуктов регенерации и избытка регенерирующего реагента, м³/сутки;

a – удельный расход воды на обмывку ионита от продуктов регенерации (для катионитов $a = 4 \div 5$ м³/м³ катионита; для анионитов $8 \div 10$ м³/м³, а при последовательной и одновременной отмывке фильтров I и 2-й ступеней – $6 \div 7$ м³/м³).

Часовой расход воды на собственные нужды рассчитываемой группы ионитных фильтров определяется по формуле:

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{24} \quad (21)$$

где $q_{\text{ч}}$ – часовой расход воды на собственные нужды рассчитываемой группы ионитных фильтров, м³/ч;

Суммарный часовой расход воды, который должен быть подан на рассчитываемую группу ионитных фильтров, равен:

$$Q_{\text{БР}} Q + q \quad (22)$$

1.5 Расчет декарбонизаторов

В результате расчета должны быть определены площадь поперечного сечения и диаметр декарбонизатора, необходимая поверхность и высота насадки в декарбонизаторе, производительность и напор вентилятора.

При проектировании декарбонизаторов следует исходить из следующих параметров: расход воды, поступающей в декарбонизатор; концентрации свободной углекислоты в воде перед декарбонизатором; желательной концентрации свободной углекислоты в воде после декарбонизатора и наименьшей температуры обрабатываемой воды.

Концентрация свободной углекислоты в воде, поступающей в декарбонизатор, не всегда указывается в анализе. В этом случае при декарбонизации после Н- катионитных фильтров ее можно определить по формуле:

$$C_{\text{ВХ}} = 44 Ж_{\text{К}} + C_{\text{НАЧ}} \quad (23)$$

где $C_{\text{ВХ}}$ – концентрация свободной CO_2 на входе в декарбонизатор, мг/кг;

$Ж_{\text{К}}$ – карбонатная жесткость после предочистки перед ионитными фильтрами, мг-экв/кг;

$C_{\text{НАЧ}}$ – концентрация свободной CO_2 в исходной воде, которая ориентировочно может быть принята равной:

$$C_{\text{НАЧ}} = 0,268 (Ж_{\text{К}}) \quad (24)$$

1.5.1 Расчет декарбонизаторов с деревянной хордовой насадкой

Площадь поперечного сечения и, следовательно, диаметр декарбонизатора определяются по оптимальной плотности орошения насадки, равной $40 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$. Определение расхода воздуха и подбор вентилятора производится по удельному расходу воздуха $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Необходимая площадь поверхности десорбции в декарбонизаторе для достижения заданного эффекта удаления свободной углекислоты может быть найдена по уравнению десорбции

$$F_{\text{ДЕС}} = \frac{G}{K_{\text{Ж}} \cdot \Delta C_{\text{СР}}} \quad (25)$$

где $F_{\text{дес}}$ – необходимая площадь поверхности десорбции в декарбонизаторе для достижения заданного эффекта удаления свободной углекислоты, м^2 ;

G – количество свободной углекислоты, подлежащей удалению, кг/ч , определяемое по формуле

$$G = \frac{Q_{\text{ВПВ}} \cdot (C_{\text{ВХ}} - C_{\text{ВЫХ}})}{1000} \quad (26)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – расход воды, поступающей в декарбонизатор, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$C_{\text{ВХ}}$ – концентрация свободной углекислоты в воде на входе в декарбонизатор, определяемая по формуле (23);

$C_{\text{ВЫХ}}$ – концентрация свободной углекислоты в воде на выходе из декарбонизатора, которой обычно задаются, принимая ее равной 3 – 10 мг/кг CO_2 ;

$K_{\text{ж}}$ – коэффициент десорбции или массопередачи т.е. количество газа, передаваемого в единицу времени через единицу поверхности, при движущей силе процесса десорбции, равной единице, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; величину $K_{\text{ж}}$ следует определить по графику в зависимости от температуры воды.

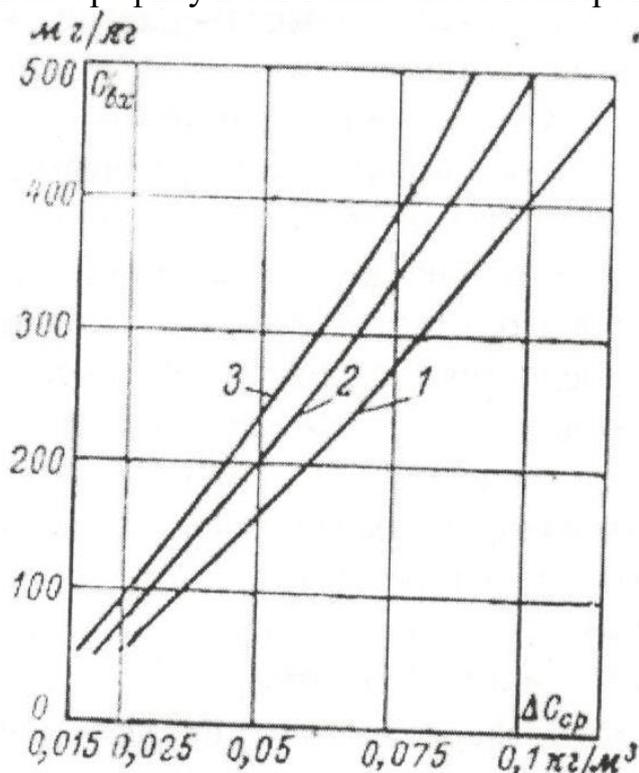


Рисунок 1 – График определения величины коэффициента десорбции $K_{\text{ж}}$ в зависимости от температуры воды для плотности орошения насадки в декарбонизаторе $40 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ (по данным ВОДГЕО).

1 – для производительности декарбонизаторов до $40 \text{ м}^3/\text{ч}$; 2 – для производительности декарбонизаторов $40 - 150 \text{ м}^3/\text{ч}$; 3 – для производительности декарбонизаторов $150 - 400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

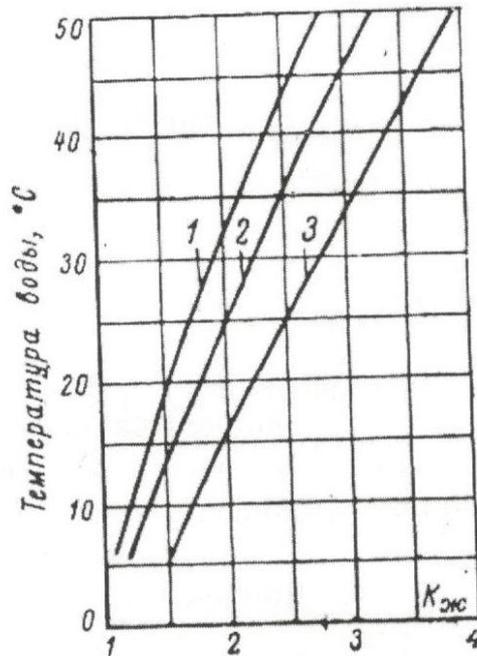


Рисунок 2 – Зависимость ΔC_{CP} от C_{VX} при различных значениях C_{VYX}

1 – $C_{VYX} = 3$ мг/кг; 2 – $C_{VYX} = 5$ мг/кг; 3 – $C_{VYX} = 10$ мг/кг (по данным ВОДГЕО)

Величину ΔC_{CP} – среднюю движущую силу процесса десорбции, зависящую от перепада концентраций CO_2 в воде и омывающем ее воздухе, нагнетаемом вентилятором, следует определять по графику. Кроме площади щитов насадки, следует учитывать площадь внутренней поверхности самого декарбонизатора, так как она является также поверхностью соприкосновения воды, стекаемой тонкой пленкой, и омывающего ее воздуха. Величина ее составляет около 7,5% поверхности насадки. Необходимую площадь поверхности насадки можно определить по формуле

$$F_{НАС} = (1 - 0,075) \cdot F_{ДЕК} \quad (27)$$

Количество щитов насадки определяется по формуле

$$n = \frac{F_{НАС}}{f_{Щ}} \quad (28)$$

где $f_{Щ}$ – площадь поверхности щита, подсчитанная для декарбонизаторов различной производительности и приведенная в справочниках.

Высота насадки может быть определена по формуле

$$H_H = 2n \cdot (h + \delta) - h \quad (29)$$

- где H_H – часть высоты декарбонизатора, занятая насадкой, мм;
 n – количество щитов;
 h – расстояние между рядами досок и между щитами, принимается 20 см;
 δ – толщина досок насадки, принимается 5 см.

Производительность вентилятора определяется исходя из необходимого расхода воздуха для заданного расхода воды с учетом производительностей вентиляторов, имеющих в каталоге. Напор, создаваемый вентилятором, должен преодолеть суммарную потерю на всем пути движения воздуха от вентилятора до выхода воздуха в атмосферу. Сопротивление смачиваемой деревянной хордовой насадки движению воздуха при орошении насадки $40 \text{ м}^3/\text{м}^2$ можно принять равным примерно 10 мм вод. ст. на 1 м высоты декарбонизатора, занятого насадкой. Сопротивление распределенной плиты при той же плотности орошения также равно примерно 10 мм вод. ст.

1.5.2 Расчет декарбонизаторов с насадкой из колец Рашига

Площадь поперечного сечения декарбонизатора с насадкой из колец Рашига размером $25 \times 25 \times 3$ мм следует определять исходя из плотности орошения насадки $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Удельный расход принимается в этом случае равным $15 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Необходимая площадь поверхности насадки определяется по формуле (25), а величину $K_{\text{ж}}$ для этого случая следует принимать по графику, приведенному на рисунке 3. По найденной площади поверхности насадки можно определить высоту слоя колец в декарбонизаторе, приняв площадь поверхности 1 м^3 колец Рашига указанного выше размера равной 204 м^2 .

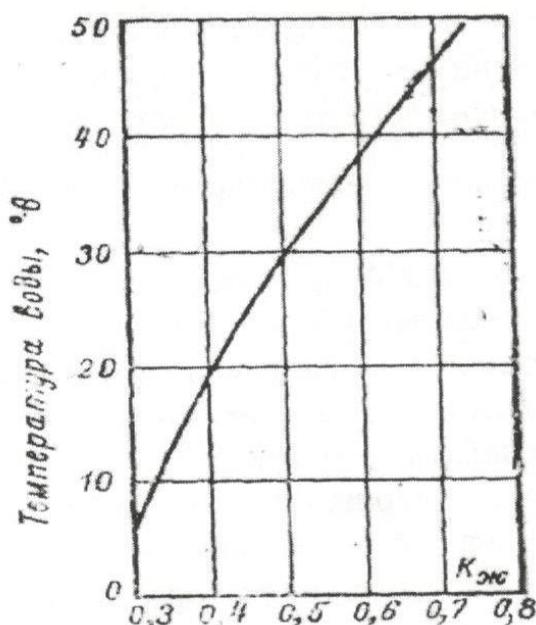


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента десорбции $K_{\text{ж}}$ от температуры воды для декарбонизаторов, загруженных кольцами Рашига при плотности орошения насадки $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ (по данным ВОДГЕО)

При определении напора, развиваемого вентилятором, сопротивление колец Рашига при указанных выше размерах колец, плотности орошения и удельном расходе воздуха принимается равным 30 мм вод. ст. на 1 м высоты насадки.

Емкость промежуточного бака декарбонизатором следует принимать равной примерно 25 % полезной производительности установки, но не менее 25 м³. Если из этого бака производится забор воды на собственные нужды установки, то емкость его должна быть увеличена, чтобы был запас воды хотя бы на отмывку фильтра, который оmyвается декарбонизированной водой (примерно $10 fh$, где f и h – площадь фильтрования и высота загрузки анионита).

2 Пример расчета

2.1 Исходные данные

Расчет производится для котельной оборудованной котлами К-50-40/14 в количестве 4 шт.

2.2 Определяем производительность ВПУ

$$Q = 1,1 \left[0,15 + 0,3 + (1 - 0,6) \frac{5}{100} \right] 50 \cdot 4 = 103,95 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.3 Расчет осветлительных фильтров

2.3.1 Определяем необходимую площадь фильтрования

$$F' = \frac{103,95}{5} = 20,79 \text{ м}^2$$

2.3.2 Определяем количество фильтров

$$n = \frac{20,79}{7,1} = 2,93 \Rightarrow 3 \text{ шт}$$

$$f' = \frac{20,79}{3} = 6,93 \text{ м}^2$$

Выбираем 3 фильтра $d = 3000$ мм.

2.3.3 Определяем расход воды на взрыхляющую поверхность:

$$Q_{\text{ВЗР}} = \frac{6,93 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 60}{1000} = 20,79 \text{ м}^3$$

2.3.4 Определяем расход воды на отмывку:

$$Q_{\text{ОТМ}} = \frac{6,93 \cdot 5 \cdot 15}{60} = 8,66 \text{ м}^3$$

2.3.5 Определяем часовой расход воды на собственные нужды всех фильтров:

$$q_{\text{ч}} = \frac{(20,79 + 8,66) \cdot 3 \cdot 3}{24} = 11,04 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.3.6 Производительность фильтров с учетом расхода воды на собственные нужды:

$$Q_{\text{БР}} = 103,95 + 11,04 = 114,99 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.3.7 Продолжительность полезной работы между промывками:

$$T = \frac{1 \cdot 6,93 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 3}{10 \cdot 114,99} - 0,5 = 17,58 \text{ ч}$$

2.3.8 Суточное количество циклов каждого фильтра

$$m = \frac{24}{17,58 + 0,5} = 1,33$$

2.4 Расчет ионитных фильтров

2.4.1 Необходимая площадь фильтрования Na- и H-катионитных фильтров

$$Ж_{\text{К}} = 7 \text{ мг-экв/кг}$$

$$W = 15 - 25 \text{ м/ч}$$

$$F' = \frac{103,95}{15} = 6,93 \text{ м}$$

2.4.2 Необходимая площадь фильтрования каждого фильтра:

$$n = \frac{6,93}{7,1} = 0,98$$

$$f' = \frac{6,93}{0,98} = 7,07 \text{ м}^2$$

Выбираем к установке 1 фильтр диаметром 3000 мм.

2.4.3 Продолжительность фильтроцикла Na- и H-катионитных фильтров до начала повышения жесткости фильтрата:

$$T + t = \frac{7,1 \cdot 2,5 \cdot 200 \cdot 1}{103,95 \cdot 7} = 4,88 \text{ ч}$$

$$T = 4,88 - 1,5 = 3,38 \text{ ч}$$

2.4.4 Объем ионитных материалов загруженных в фильтр во влажном состоянии:

$$V_{\text{вл}} = 7,1 \cdot 2,5 \cdot 1 = 17,75 \text{ м}^3$$

2.4.5 Объем воздушно-сухого ионита:

$$V_{\text{сух}} = \frac{17,75}{1,2} = 14,79 \text{ м}^3$$

2.4.6 Весовое количество воздушно-сухого ионита, необходимое для загрузки фильтров:

$$G = 14,79 \cdot 0,65 = 9,61 \text{ м}^3$$

2.4.7 Суточный расход серной кислоты:

$$n_c = \left(\frac{24}{T+t} \right) \cdot n = \left(\frac{24}{4,9} \right) \cdot 1 = 4,9$$

$$G_{H_2SO_4}^{100} = \frac{7,1 \cdot 2,5 \cdot 200 \cdot 4,9}{10^6} \cdot 180 = 3,1 \text{ т/с}$$

2.5 Расчет декарбонизатора

2.5.1 Необходимая площадь поверхности

$$K_{\text{ж}} = 2,8 \quad \Delta C_{\text{ср}} = 0,075$$

$$C_{\text{нач}} = 0,268 \cdot 7 = 1,876 \text{ мкг/кг}$$

$$C_{\text{вх}} = 44 \cdot 7 + 1,876 = 309,88 \text{ мкг/кг}$$

$$G = \frac{103,95 \cdot (309,88 - 10)}{1000} = 31,17 \text{ кг/ч}$$

$$F_{\text{дес}} = \frac{31,17}{2,8 \cdot 0,075} = 148,43 \text{ м}$$

2.5.2 Площадь внутренней поверхности самого декарбонизатора

$$F_{\text{НАС}} = (1 - 0,075) \cdot 148,43 = 137,3 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ВН}} = 0,075 \cdot 137,3 = 10,3 \text{ м}^2$$

2.5.3 Количество щитов насадки:

$$n = \frac{F_{\text{НАС}}}{f_{\text{Щ}}}$$

$$f_{\text{Щ}} = 7,1 \text{ м}^2 \text{ (справочник)}$$

$$n = \frac{137,3}{7,1} = 19,3 \Rightarrow 20 \text{ шт}$$

2.5.4 Высота насадки:

$$H_{\text{НАС}} = 2 \cdot 25(0,2 + 0,05) - 0,2 = 12,3 \text{ м}$$

2.5.5 Количество декарбонизаторов

$$D_{\text{К}} = \frac{H_{\text{НАС}}}{H_{\text{НАС}}^{\text{СТ}}} = \frac{12,3}{5} = 2,46 \Rightarrow 3 \text{ шт}$$

$H_{\text{НАС}}^{\text{СТ}}$ – принимается от 4 до 6 м.

Вывод: в результате расчета ВПУ получилось, что принимаем к установке:

1. Механические осветлительные фильтры – 3 штуки;
2. Ионитные фильтры – 1 штука;
3. Декарбонизаторы – 3 штуки.

3 Индивидуальное задание

Таблица 7 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Марка котла	шт.	№ варианта	Марка котла	шт.
1	К – 50 – 14	2	16	ДЕ – 4 – 14	3
2	ДЕ – 25 – 14	3	17	ГМ – 50 – 40	3
3	ДКВР – 2,5 – 13	4	8	К – 50 – 14	3
4	ДЕ – 6,5 – 14	5	19	ДЕ – 25 – 14	4
5	ДКВР – 4 – 13	6	20	ДКВР – 10 – 13	3
6	ДЕ – 10 – 14	2	21	ДКВР – 20 – 13	3
7	ДКВР – 6,5 – 13	3	22	ДЕ – 16 – 14	2
8	Е – 75 – 40	2	23	К – 50 – 40	2
9	БКЗ – 75 – 40	2	24	БКЗ – 75 – 40	3
10	К – 50 – 40	2	25	Е – 75 – 40	2
11	ДЕ – 16 – 14	3	26	ДКВР – 6,5 – 13	5
12	ДКВР – 10 – 13	4	27	ДЕ – 10 – 14	3
13	ДКВР – 20 -13	4	28	ДКВР – 4 – 13	5
14	ГМ – 50 – 14	2	29	ДЕ – 6,5 – 14	4
15	ДЕ – 4 – 14	5	30	К – 50 – 14	2

4 Требования к оформлению расчетного задания

Расчетное задание входит в отчет по учебной практике.

Необходимое количество и состав объема материала отчета определяются руководителем.

Отчет должен быть выполнен в печатном варианте, собран в папке-скоросшивателе. Отчет по учебной практике должен быть выполнен строго по заданию, и оформлен согласно общим требованиям к правилам оформления текстовых учебных документов для студентов БЦБК ФГБОУ ВО "БрГУ".

Отчет включает в себя:

1. Титульный лист (Приложение А)
2. Задание
3. Содержание
4. Введение
5. Основная часть (согласно заданию)
6. Заключение
7. Список использованных источников

5 Критерии оценок

оценка «5» - если отчет студента выполнен в полном объеме, в соответствии с требованиями. Отчет так же должен иметь поясняющие рисунки (схемы) и список использованных источников.

оценка «4» - если отчет студента выполнен в полном объеме, в соответствии с требованиями, но имеются замечания по выполнению работы.

оценка «3» - если отчет студента выполнен в не полном объеме, или нет поясняющих рисунков, схем, если ответы на вопросы даны кратко.

Заключение

В данном расчетном задании по учебной практике ПМ 05 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих» представлен расчет водоподготовительной установки для закрепления знаний по данному профессиональному модулю для студентов специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование.

Список использованных источников

Интернет-ресурсы:

1. <http://vodopodgotovka.allbes.ru>
2. <http://voda.ru>
3. <http://ilimgroup.ru>
4. <http://xumuk.ru>
5. <http://studFiles.ru>

Дополнительные источники:

- 1) Алексеев Л.С. «Контроль качества воды» Учебник – 3 –е изд., перераб. И доп. – М.: ИНФРА – М, 2007. – 154 с.
- 2) Белан Ф.И. «Водоподготовка»: Учебник для техникумов. – 3 – е изд., перераб. – М.: Энергия, 1979, - 208 с., ил.
- 3) Белан Ф.И. «Водоподготовка» Под ред. С.М. Гурвича – М.- Л., Госэнергоиздат, 1963, 320 с. с черт.
- 4) Бородулина Е.К., Ильичева И.А., Шрайбман С.С. «Технический анализ и контроль электрохимических процессов неорганических веществ»
- 5) Годовская К.И. «Технический анализ» М, 1972 – 479 стр.
- 6) Деев Л.В., Балахничев Н.А. «Котельные установки и их обслуживание» - М, 1990 г. – 239 с.
- 7) Долголева «Методы контроля в сульфитном производстве целлюлозы»
- 8) Николадзе Г.И. «Водоснабжение» Учебник для техникумов. – 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 496 с.: ил.
- 9) Писаренко В.П., Захаров Л.С. «Основы технического анализа» - М.: Высшая школа, 1972 г.
- 10) Правилова Т.А. «Химический контроль производства сульфатной целлюлозы» - М.: Лесная промышленность, 1984.
- 11) Субботина Н.П. «Водный режим и химический контроль на ТЭС» Учебник для техникумов. – 2 – е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с., ил.
- 12) Шкроб М.С., Вихрев В.Ф. «Водоподготовка» М. – Л., издательство «Энергия», 1966, 416 с. с черт.

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ОТЧЕТ

ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

**ПМ 05 Выполнение работ по одной или нескольким профессиям
рабочих, должностям служащих**

13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Студента (ки) гр. ТТ – 151

Ф.И.О. полностью

Организация: БЦБК ФГБОУ ВО «БрГУ»

Руководитель практики

Долотова Ирина Валерьевна

Оценка _____

Братск, 2018

