

Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон

Технология защиты окружающей среды

Часть 1

Учебно-методическое пособие



**Санкт-Петербург
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон

Технология защиты окружающей среды

Часть 1

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
2017

УДК 628.32 (075)

ББК 38.761.2

М 793

Морева Ю.Л., Лоренцсон А.В. Технология защиты окружающей среды.: учебно-методическое пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017.

Часть 1. - 70 с.

Учебно-методическое пособие содержит задания в соответствии с рабочей программой дисциплины «Технология защиты окружающей среды».

Предназначается для студентов всех форм обучения по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», а также для самостоятельной работы студентов.

Рецензенты:

заведующая кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов ВШТЭ СПбГУПТД, канд. техн. наук О.А.Шанова;

Исполнительный директор ООО «Электроэкология», канд. хим. наук Д.Ю. Батуренко.

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебно-методического пособия.

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова Темплан 2017 г., поз.139

Подп. к печати 04.12.17. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 4,5 п.л.; 4,5 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.

Изд. №139. Цена «С».

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4

© Высшая школа технологии и
энергетики СПбГУПТД, 2017

© Морева Ю.Л., Лоренцсон А.В., 2017

1. Расчет фильтра-нейтрализатора

Фильтры применяются для нейтрализации кислых сточных вод. В качестве загрузки фильтров используют следующие нейтрализующие материалы: доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), известняк (CaCO_3), магнезит (MgCO_3), мел, мрамор и др. В очищаемых сточных водах концентрация кислот не должна превышать 1,5 г/л (только для сернокислых сточных вод) и должны отсутствовать соли тяжелых металлов. При pH больше 7 соли металлов будут выпадать в осадок в виде труднорастворимых соединений, которые полностью забьют поры фильтра. В случае с нейтрализацией сернокислых сточных вод ограничения связаны с образованием сульфата кальция, растворимость которого ≈ 2 г/л. Он начинает выпадать в осадок, который покрывая поверхность нейтрализующей загрузки, затрудняет доступ к ней кислоты, в результате нейтрализация прекращается. Это ограничение снимается только при использовании в качестве фильтрующей загрузки магнезита, образующийся сульфат магния имеет растворимость 355 г/л.

Рекомендуемая крупность фракций материала загрузки 30 – 80 мм. Высоту загрузки H для сточных вод, содержащих HCl и HNO_3 , принимают равной 1-1,5 м, а содержащих H_2SO_4 – равной 1,5-2 м. Вода фильтруется сверху вниз или снизу вверх.

Расчетная скорость фильтрования зависит от вида загрузочного материала, но она не должна превышать 5 м/ч. При фильтрации сточных вод, содержащих HCl и HNO_3 , через известняк скорость фильтрования принимают $v = 0,5-1,0$ м/ч. При фильтровании сточных вод, содержащих до 0,5 % H_2SO_4 , через доломиты скорость фильтрования равна $v = 0,6-0,9$ м/ч, при содержании до 2 % H_2SO_4 скорость фильтрования $v = 0,35$ м/ч.

Установка состоит из усреднителя, устройств для дробления и классификации загрузки, дозаторов, насосов для перекачки промывных вод и аппаратов для удаления взвешенных веществ из промывных вод.

При нейтрализации сточных вод на вертикальном фильтре высоту слоя загрузочного материала определяют по формуле:

$$H = K \cdot d^n \cdot (3 + \lg b) \cdot \sqrt{v}, \text{ см}, \quad (1.1)$$

где K – эмпирическая константа, зависит от сорта доломита (щелковский доломит $K = 0,62$, уральский доломит $K = 1,31$);

n – эмпирическая константа, относительно постоянная и принимается равной 1,47;

d – диаметр зерен загрузочного материала, мм;

b – концентрация кислоты, г-экв/л (если концентрация кислоты выражена в А г/л, то для ее пересчета в г-экв/л можно использовать следующие переводные коэффициенты a : для серной кислоты – 0,0204, для соляной – 0,0277, азотной – 0,0159, уксусной – 0,0167; если концентрация выражена в процентах, то $b = 10 \cdot a \cdot A$);

v – скорость фильтрования, м/ч.

Площадь фильтрации вертикального фильтра f , м^2 , находят из соотношения:

$$f = \frac{q}{v}, \quad (1.2)$$

где q – расход нейтрализуемых сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – скорость фильтрования, м/с.

Затем определяют суточный расход реагента, т/сут:

$$M = \frac{a \cdot A \cdot Q}{1000}, \quad (1.3)$$

где a – расход щелочного реагента на нейтрализацию (см. табл. 1.1);

A – концентрация кислоты, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Q – расход нейтрализуемых сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Таблица 1.1

Теоретический расход реагентов для нейтрализации кислот

Реагенты	Удельный расход реагентов для нейтрализации кислот, кг/кг					
	серная	соляная	азотная	фосфорная	уксусная	плавиковая
CaO	0,57	0,77	0,44	0,86	0,47	1,70
Ca(OH) ₂	0,75	1,01	0,59	1,13	0,62	1,85
NaOH	0,82	1,09	0,63	1,22	0,67	2,00
KOH	1,14	1,53	0,89	1,71	0,94	2,80
CaCO ₃	1,02	1,37	0,80	1,53	0,83	2,50
MgCO ₃	0,86	1,15	0,67	1,21	0,70	2,10
Na ₂ CO ₃	1,09	1,45	0,84	1,62	0,89	2,63

Поскольку полное (100 %-ное) использование активной части загрузочного материала фильтра-нейтрализатора практически невозможно, вводится коэффициент фактического расхода материала k (например, для доломита $k = 1,5$).

Масса загруженного в фильтр нейтрализующего материала:

$$P = H \cdot f \cdot \rho \cdot \tau, \quad (1.4)$$

где ρ – плотность загрузочного нейтрализующего материала (для доломита, известняка и мрамора $\rho = 2800 \text{ кг/м}^3$, магнезита – 3000 кг/м^3 , мела – 2700 кг/м^3).

Продолжительность работы фильтра без перегрузки τ определяется по формуле:

$$\tau = \frac{P}{M \cdot k}, \text{ сут.} \quad (1.5)$$

где M – суточный расход реагента, кг/сут;

k – коэффициент фактического расхода материала, учитывающий неполноту использования загрузочного материала.

В зависимости от высоты слоя загрузочного материала, площади фильтрования и местных условий назначается число фильтров и определяются их конструктивные размеры в плане.

При проектировании установок по нейтрализации кислых сточных вод все резервуары, трубопроводы, насосы, лотки и другая аппаратура изготавливаются из кислотоупорных материалов.

Задание

Рассчитать вертикальный фильтр-нейтрализатор для нейтрализации кислых сточных вод.

Таблица 1.2

Исходные данные для расчета

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Кислота	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	HCl HNO ₃	H ₂ SO ₄
Концентрация кислоты, %	0.8	1.0	0.5	1.5	1.3	1.5	1.3	1.8
Q, м ³ /ч	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
загрузка	известняк				доломит			
k	1.3	1.2	1.6	1.25	1.5	1.87	1.46	1.77

2. Расчет фильтров с зернистой загрузкой

Фильтрационные сооружения и установки применяются для глубокой очистки городских и производственных сточных вод, прошедших биологическую или физико-химическую очистку. Фильтры с зернистой загрузкой являются одним из видов фильтрационных сооружений.

Они классифицируются:

- по направлению потока: бывают с нисходящим (сверху вниз) и восходящим (снизу вверх) потоком, редко – с горизонтальным потоком;
- по конструкции: однослойные, двухслойные, аэрируемые и каркасно-засыпные;
- по виду фильтрующего материала: природные материалы (кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, керамзит, антрацит и др.) или искусственные материалы (пенополиуретан, полистирол, полипропилен и др.);
- по режиму фильтрации: напорные и безнапорные (открытые).

В зависимости от конструкции и климатических условий фильтры следует располагать на открытом воздухе или в помещении. При расположении фильтров на открытом воздухе трубопроводы, запорная арматура, насосы и прочие коммуникации должны располагаться в проходных галереях.

При проектировании фильтров с зернистой загрузкой следует предусматривать:

- при подаче сточных вод после биологической очистки – установку перед фильтрами (кроме КЗФ) барабанных сеток;
- водо-воздушную промывку для однослойных, водяную – для двухслойных, водо-воздушную или водяную – для каркасно-засыпных фильтров; при этом промывку следует осуществлять нехлорированной фильтрованной водой;

- вместимость резервуаров промывной воды и грязных вод от промывки фильтров – не менее чем на две промывки;
- при необходимости – насыщение фильтрованной воды кислородом;
- трубчатые распределительные дренажные системы большого сопротивления;
- для фильтров с подачей воды сверху вниз – устройство гидравлического или механического взрыхления верхнего слоя загрузки.

Для предотвращения биологического обрастания фильтров с зернистой загрузкой необходимо предусматривать предварительное хлорирование поступающих сточных вод дозой до 2 мг/л и периодическую обработку фильтра (2–3 раза в год) хлорной водой с содержанием хлора до 150 мг/л при периоде контакта 24 ч.

Проектирование фильтров с зернистой загрузкой для глубокой очистки производственных сточных вод следует производить по данным технологических исследований.

1. Исходя из данных по условиям применимости и требуемой эффективности очистки (см. табл. 2.1), выбирают тип фильтра и его загрузку (табл. 2.2).
2. По табл.1 Приложения выбирают необходимые для дальнейшего расчета параметры.
3. Рассчитывается общая площадь фильтров F_ϕ :

$$F_\phi = \frac{Q}{v_{н.р.} \cdot T - 3.6 \cdot n \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot v_{н.р.}}, \text{ м}^2, \quad (2.1)$$

где Q – суточный расход сточных вод, м³/сут;

$v_{н.р.}$ – расчетная скорость фильтрования воды при нормальном режиме, м/ч;

w_1 – интенсивность начального взрыхления верхнего слоя загрузки (принимается только для фильтров с подачей воды сверху), равная 16 – 18 л/(с·м²) с продолжительностью t_1 , равной 6 – 8 мин;

w_2 – интенсивность водо-воздушной промывки (учитывается в случае применения водо-воздушной промывки загрузки) л/(с·м²) с продолжительностью t_2 , мин;

w_3 – интенсивность промывки водой, л/(с·м²) с продолжительностью t_3 , мин;

t_4 – продолжительность простоя фильтра в связи с промывкой, равная 0,33 ч;

n – количество промывок фильтра в сутки, принимают 2-3.

T – продолжительность работы станции в течение суток, ч.

4. Определяется число секций фильтров N и площадь одной секции фильтра F :

$$N = 0,5\sqrt{F_\phi};$$
$$F = \frac{F_\phi}{N}, \text{ м}^2. \quad (2.2)$$

Общее количество секций фильтров N должно быть не менее четырех: один в резерве, один на промывке и два рабочих. По рассчитанной площади F принимаются размеры в плане одного фильтра.

5. Принимается количество секций фильтров, находящихся в ремонте N_p : один или более. Рассчитывается скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы (т.е. при отключении фильтров на промывку и ремонт) $v_{\phi.\phi}$:

$$v_{\phi.\phi} = \frac{v_\phi N}{N - N_p}, \text{ м/с}. \quad (2.3)$$

В фильтре распределительная система служит как для равномерного распределения промывной воды по площади фильтра, так и для сбора профильтрованной воды (см. рис. 2.1, вид 1, сечение Б–Б и сечение В–В).

Расчет распределительной системы осуществляется по расходу промывных вод.

Таблица 2.1

Область применения фильтров и эффективность очистки

Фильтр		Варианты применения	Эффект очистки, %	
			по БПК _{полн}	по взвешенным веществам
Однослойные с нисходящим потоком	мелкозернистые	Доочистка производственных стоков после механической очистки для задержания мелкодисперсных взвешенных частиц, а также биологически очищенных городских сточных вод	50–60	70–75
	крупнозернистые		35–40	45–50
С восходящим потоком		Доочистка биологически очищенных городских сточных вод	50–65	70–85
Двухслойные		Доочистка производственных или бытовых сточных вод, не содержащих волокнистые примеси и клеящие вещества	60–70	70–80
Аэрируемые		Глубокое удаление коллоидных и растворенных органических загрязнений	75–80	80–90
Каркасно-засыпные		Доочистка биологически производственных или очищенных городских сточных вод, общего стока машиностроительных заводов. Использование в качестве денитрификаторов	70	70–80
С плавающей загрузкой		Доочистка механически очищенных производственных стоков (металлургическая, химическая и легкая промышленность), а также биологически очищенных городских сточных вод	65–75	70–85
Микрофильтры		При допустимой меньшей степени очистки по сравнению с зернистыми фильтрами	25–30	50–60
Барабанные сетки		Как предварительная ступень очистки перед фильтрами глубокой очистки	5–10	20–25

Таблица 2.2

Основные параметры фильтров с зернистой загрузкой

Фильтр	Параметры фильтрующей загрузки					Высота слоя, м	Скорость фильтрования при режиме, м/ч		Интенсивность промывки, л/с м ²	Продолжительность промывки, мин
	фильтрующий материал	гранулометрическая характеристика загрузки d, мм			нормаль- ном		форси- рованном			
		max	min	mid						
Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз	Кварцевый песок	1,2	2	1.5-1.7		1.2-1.3	6-7	7-8	Воздух 18-20	2
	Поддерживающий слой - гравий	2	5	-		0.15-0.2			Воздух 18-20 и вода 3-5	10-12
		5	10	-		0.1-0.15			Воздух 18-20 и вода 3-5	10-12
		10	20	-		0.1-0.15			Вода 7	6-8
		20	40	-		0.2-0.25			Вода 7	6-8
Однослойный крупнозернистый с подачей воды сверху вниз	Гранитный щебень	3	10	5,5		1,2	16	18	Воздух 16 Воздух 16 и вода 10 Вода 15	3 4 3
Двухслойный с подачей воды сверху вниз	Антрацит или керамзит	1,2	2	-		0,4-0,5	7-8	9-10	Вода 14-16	10-12
	Кварцевый песок	0,7	1,5	-		0,6-0,7				
		2	5	-		0.15-0.2				
		5	10	-		0.1-0.15				
		10	20	-		0.1-0.15				
Поддерживающий слой - гравий	20	40	-		0.2-0.25					
Каркасно-засыпной (КЗФ)	Кварцевый песок	0,8	1	-		0,9	10	15	Воздух 14-16 и вода 6-8 Вода 14-16	5-7 3
	Каркас - гравий	1	40	-		1,8				
		40	60	-		0,5				

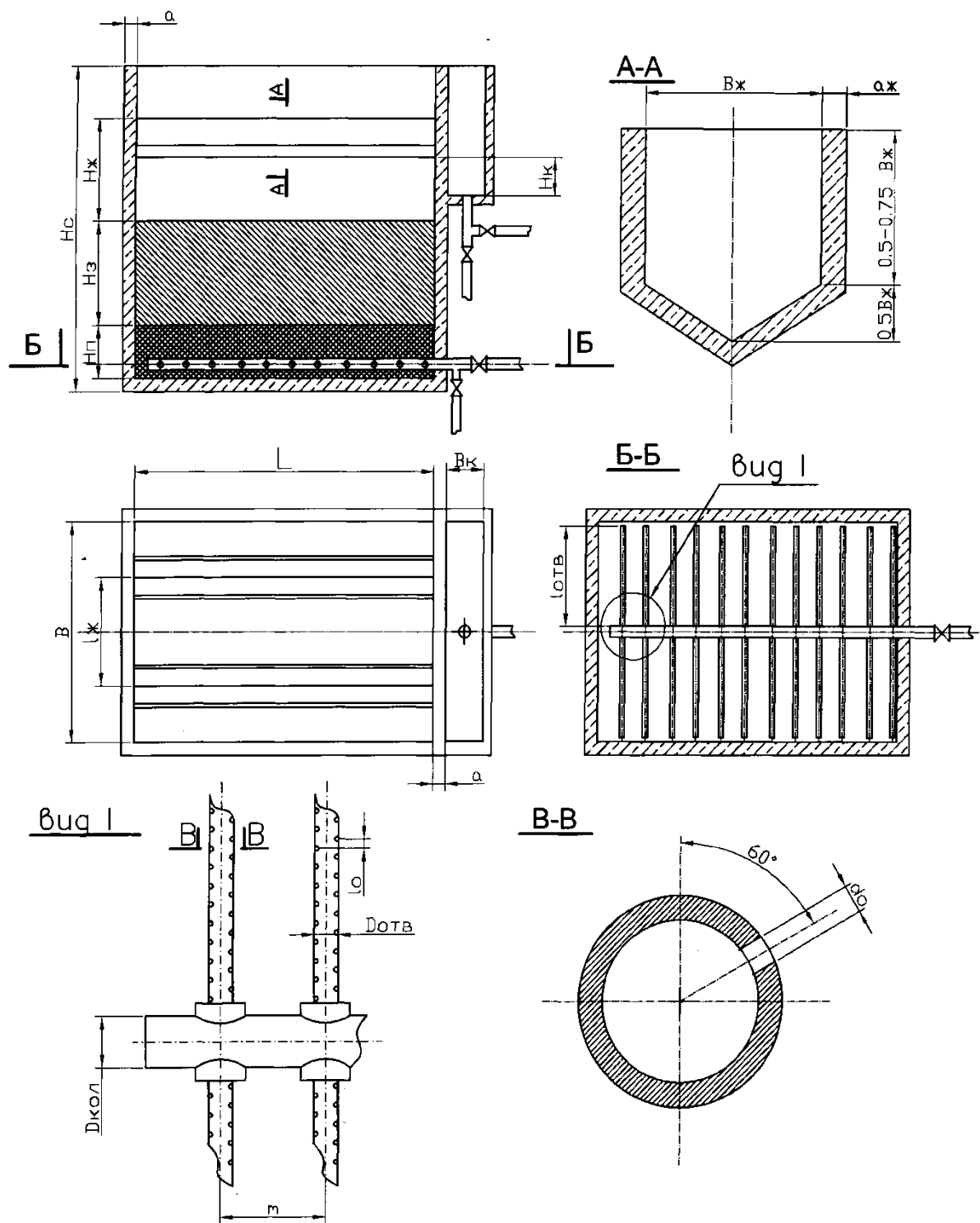


Рис. 2.1. Схема безнапорного фильтра с зернистой загрузкой

6. Определение количества промывной воды, приходящейся на один фильтр (q_{np}):

$$q_{np} = \frac{F \cdot w_3}{1000}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.4)$$

7. Определение диаметра коллектора, округлить до целых десятков ($D_{кол}$):

$$D_{кол} = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot q_{np}}{\pi \cdot v_{кол}}}, \text{ мм}, \quad (2.5)$$

где $v_{кол}$ – рекомендуемая скорость воды в коллекторе ($v_{кол} = 1 \div 1,2$ м/с).

Диаметр трубы коллектора следует принимать по ГОСТам на трубы.

8. Расчет площади фильтра, приходящегося на одно ответвление:

$$f_{отв} = m \cdot \left(\frac{B - 0,001 \cdot D_{кол}}{2} \right) = m \cdot l_{отв}, \text{ м}^2, \quad (2.6)$$

где m – расстояние между осями ответвлений, м ($m = 0.25 \div 0.3$ м);

B – ширина фильтра (принимают исходя из размеров фильтра в плане), м;

$l_{отв}$ – длина одного ответвления, м.

9. Количество воды, приходящейся на одно ответвление:

$$q_{отв} = f_{отв} \cdot w \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.7)$$

10. Диаметр труб ответвлений округлить до целых, составит:

$$D_{отв} = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot q_{отв}}{\pi \cdot v_{отв}}}, \text{ мм}, \quad (2.8)$$

где $v_{отв}$ – рекомендуемая скорость воды в ответвлениях ($v_{отв} = 1,8 \div 2,0$ м/с).

11. Общее количество ответвлений ($n_{отв}$) в одном фильтре составит:

$$n_{отв} = 2 \cdot L / m, \quad (2.9)$$

где L – длина фильтра, равная $L = F/B$, м.

В нижней части ответвлений под углом 60° предусматриваются отверстия диаметром $d_o=10-12$ мм.

12. Суммарная площадь отверстий составит:

$$\Sigma f_o = \frac{(0.25 \div 0.3) \cdot F}{100}, \text{ м}^2. \quad (2.10)$$

13. Общее количество отверстий (n_o) в распредел. системе составит:

$$n_o = \Sigma f_o / f_o, \quad (2.11)$$

где f_o – площадь отверстия диаметром d_o .

14. Количество отверстий на одном ответвлении (n_o') составит:

$$n_o' = n_o / n_{\text{отв.}} \quad (2.12)$$

15. Расстояние между отверстиями (l_o) составит (рекомендуемое $l_o=200 \div 250$ мм):

$$l_o = 1000 \cdot l_{\text{отв.}} / n_o', \text{ мм.} \quad (2.13)$$

Сбор и отвод загрязненной воды при промывке фильтров осуществляется при помощи желобов, размещаемых над поверхностью фильтрующей загрузки (см. рис.2.1, вид в плане, вид сбоку и сечение А–А). В практике применяются желоба, у которых верхняя часть поперечного сечения является прямоугольной, а нижняя – треугольной.

16. Ширину желоба определяют по формуле:

$$B_{\text{ж}} = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1.57 + a)^3}}, \text{ м,} \quad (2.14)$$

где K – коэффициент, равный 2,1 для желобов с треугольным основанием;

$q_{\text{ж}}$ – расход промывной воды, приходящейся на один желоб, $\text{м}^3/\text{с}$

$$q_{\text{ж}} = q_{\text{пр}} / n_{\text{ж}}. \quad (2.15)$$

17. Количество желобов ($n_{\text{ж}}$) составляет:

$$n_{\text{ж}} = B/l_{\text{ж}}, \quad (2.16)$$

где $l_{\text{ж}}$ – рекомендуемое расстояние между желобами ($l_{\text{ж}} = 1.5 \div 2.2$ м);

a – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимаемое равным либо 1, либо 1.5.

18. Определение высоты кромки желоба над поверхностью фильтрующей загрузки ($H_{\text{ж}}$):

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \cdot e}{100} + 0.3, \text{ м}, \quad (2.17)$$

где H_3 – высота слоя фильтрующей загрузки, м (по табл. 2.2);

e – величина относительного расширения загрузки при промывке, % (по табл. 1 Приложения).

19. Определение расстояния от дна желоба до дна бокового сборного канала ($H_{\text{к}}$):

$$H_{\text{к}} = 1.73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{пр}}^2}{g \cdot b_{\text{к}}^2}} + 0.2, \text{ м}, \quad (2.18)$$

где $b_{\text{к}}$ – минимально допустимая ширина канала, принимаемая равной 0,7 м;

g – ускорение свободного падения, 9.81 м/с^2 .

20. Расхода воды на промывку фильтра:

$$P = \frac{\omega \cdot F \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{час}} \cdot T_{\text{р}} \cdot 1000} \cdot 100, \%, \quad (2.19)$$

где $T_{\text{р}}$ – продолжительность работы фильтра между двумя промывками, ч:

$$T_{\text{р}} = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (2.20)$$

где $T_0 = 24/n$ – продолжительность рабочего фильтроцикла, ч.

Задание

На очистную станцию в течение m часов поступает вода с расходом Q .
Рассчитать фильтры, количество промывок в сутки n и тип фильтра указаны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Исходные данные для расчета

Вариант	Вид фильтра	$Q, 10^3 \text{ м}^3/\text{сут}$	$m, \text{ ч}$	n
1	Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз	0,6	16	2
2		5	16	2
3		42	24	3
4	Двухслойный с подачей воды сверху вниз	6	24	2
5		4,2	16	1
6		1,5	16	1
7		60	24	2
8	Каркасно- засыпной (КЗФ)	6	16	2
9		15	24	2
10		42	24	3

3. Расчет нефтеловушек с тонкослойными блоками

Нефтеловушки применяют для механической очистки сточных вод от нефтепродуктов, способных к гравитационному отделению (всплыванию), и от осаждающихся твердых механических примесей. Продуктоловушки используются с той же целью для отстаивания из воды некоторых специфических веществ (например, парафина из сточных вод цехов синтетических жирных кислот на нефтехимических предприятиях).

Горизонтальная нефтеловушка представляет собой отстойник, разделенный продольными стенками на параллельные секции (рис. 3.1).

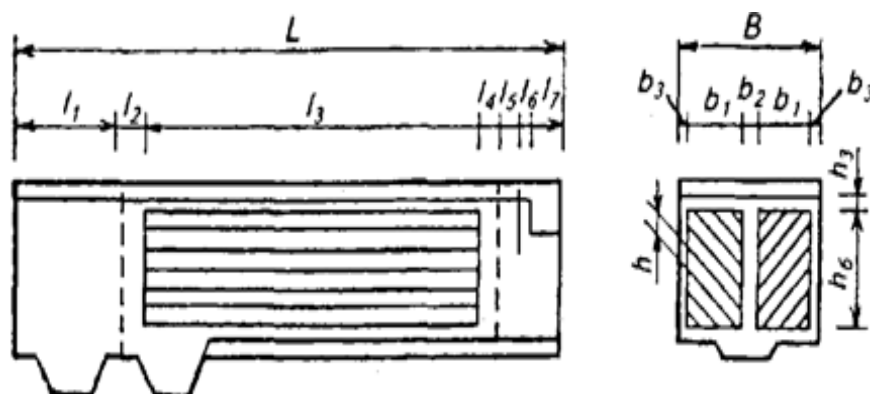


Рис. 3.1. Расчетная схема многоярусной нефтеловушки с перекрёстным движением воды и осадка

1. Назначается ширина секции нефтеловушки (B), м:

$$B = 2b_1 + b_2 + 2b_3, \quad (3.1)$$

где b_1 – ширина полочного блока; назначается, исходя из расстояния между опорами, при котором обеспечивается допустимый прогиб, ($\Delta\delta = 2\text{--}5$ мм) листового материала, выбранного для изготовления полок блока ($b_1 = 0,65\text{--}0,75$ м);

b_2 – расстояние между блоками по ширине канала, $b_2 = 200$ мм;

b_3 – расстояние между блоком и боковой стенкой, $b_3 = 150$ мм.

2. Далее необходимо определить высоту отстойной части (H) и число секций нефтеловушки (n), а также количество (N). С этой целью надо рассчитать производительность нефтеловушки при различных глубинах H и количествах секций при разных рекомендуемых скоростях движения воды (3.2).

Результаты записать в табл.3.1.

3. Производительность определяется по формуле:

$$Q = 7,2 \cdot K_2 \cdot b_1 \cdot H \cdot v \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.2)$$

где K_2 – коэффициент учитывающий работу распределительных устройств ($K_2 = 1,2 - 1,3$);

v – скорость потока в ярусе, мм/с ($v=5 - 10$ мм/с).

Таблица 3.1

Зависимость производительности нефтеловушки (Q м³/ч) от ее глубины и числа секций

Глубина (H), м	1,5	1,75	2,0	2,3	2,5
Число секций $n=1$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=2$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=3$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=4$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					

Сравнивая расчетную производительность с расходом воды, поступающей на очистку, выбрать необходимые параметры (число секций и глубина нефтеловушки).

4. Рассчитывается гидравлическая крупность частиц нефти u_0 :

$$u_0 = \frac{10^3 \cdot (\gamma_v - \gamma_n) \cdot d^2 \cdot g}{1.8 \cdot \mu}, \text{ мм/с}, \quad (3.3)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости сточной воды, Па·с;

d – крупность всплывающих нефтяных частиц, м;

γ_v – объемная масса воды, т/м³;

γ_n – объемная масса нефти, принимают 0,76-0,85, т/м³.

При отсутствии данных по кинетике допускается принимать $u_0=0,4$ – 0,6 мм/с.

5. Определяется продолжительность всплывания нефтяных частиц t_p :

$$t_p = \frac{H}{3.6 \cdot v}, \text{ ч}. \quad (3.4)$$

6. Определяется длина секции:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7, \text{ м}, \quad (3.5)$$

где l_1 – длина зоны грубого осветления; назначается, исходя из конструктивных размеров грязевого приямка, но не должна быть меньше длины l_1^p рассчитанной, исходя из расхода Q_1 , приходящегося на одну секцию (м³/ч) и продолжительности пребывания рабочего потока в этой зоне $t = 3$ –4 мин при коэффициенте использования объема зоны (k_u) 0,5.

$$l_1 \geq l_1^p = \frac{Q_1 \cdot t}{60 \cdot H \cdot B \cdot k_u}, \quad (3.6)$$

$$Q_1 = Q/n;$$

l_2 – назначается, исходя из ширины водораспределительного устройства и расстояния для свободного прохождения скребкового транспортера ($l_2 = 1,5 - 1,75$ м);

l_3 – длина ярусного пространства;

$$l_3 = 3,6 \cdot K_1 \cdot v \cdot T_p, \quad (3.7)$$

K_1 – коэффициент запаса, учитывающий снос по поверхности пластин, выделенных в ярусе частиц нефти и осадка; $K_1 = 1,2 - 1,3$; если ярусы образованы гофрированными пластинами, то $K_1 = 1$;

T_p – продолжительность пребывания рабочего потока в ярусе, ч;

$$T_p = \frac{K_2 \cdot h}{3600 \cdot u_0}, \quad (3.8)$$

где h – высота яруса; рекомендуется принимать $h = 100 - 150$ мм;

u_0 – гидравлическая крупность частиц нефтепродуктов, которые надо выделить ($u_0 = 0,1 - 0,15$ мм/с).

l_4 – назначается из условия формирования рабочего потока, выходящего из ярусов; $l_4 = 0,75$ м;

l_5 – расстояние между дырчатой перегородкой и полупогружной перегородкой; $l_5 = 0,3 - 0,5$ м;

l_6 – расстояние между полупогружной перегородкой и водосливом: $l_6 = 0,4$ м;

l_7 – ширина водоприемного лотка $l_7 = 0,3 - 0,5$ м.

7. Определяется продолжительность отстаивания t_{om} :

$$t_{om} = \frac{L}{3,6 \cdot v}, \text{ ч.} \quad (3.9)$$

Рассчитанная продолжительность отстаивания t_{om} должна быть не менее t_p . В противном случае изменяют глубину слоя воды H или скорость движения воды v .

8. Определяется число блоков и ярусов в блоке, исходя из их размеров. Обычно длина тонкослойных блоков составляет 0,7 м, а высота – 1,5–1,6 м.

9. Определяется количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки:

$$Q_{mud} = \frac{Q \cdot \varepsilon \cdot C}{(100 - p_{mud}) \gamma_{mud} \cdot 10^6}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3.10)$$

где Q – суточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

C – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, принимают 500 мг/л;

ε – эффективность очистки осаждающихся примесей, равный для горизонтальных нефтеловушек 60-70 %, для многоярусных 75 %;

p_{mud} – влажность осадка, равная 95 % для свежавывавшего и 70 % для слежавшегося;

γ_{mud} – объемная масса частиц осадка, равная 2,65 $\text{т}/\text{м}^3$.

10. Определяется количество нефтепродуктов, задержанных за сутки:

$$Q_{oil} = \frac{Q \cdot (A_{en} - A_{ex})}{30 \cdot \gamma_{oil} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3.11)$$

где A_{en} – концентрация нефтепродуктов в исходной воде, мг/л;

A_{ex} – концентрация нефтепродуктов в осветленной воде, мг/л;

γ_{oil} – объемная масса обводненных нефтепродуктов, равная 0,95 $\text{т}/\text{м}^3$.

Задание

Рассчитать горизонтальную нефтеловушку по следующим данным:

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , $\text{м}^3/\text{ч}$	110	80	130	250	180	200	150	100	240	170
A_{en}	100	250	300	350	400	150	200	300	210	180
A_{ex}	15	50	30	50	40	25	20	35	42	45

4. Расчет сооружений для ионообменной очистки воды

Ионообменные установки следует применять для глубокой очистки сточных вод от минеральных и органических ионизированных соединений и утилизации ценных компонентов (рис. 4.1, 4.2).

Сточные воды, подаваемые на установку, не должны содержать: солей – свыше 3000 мг/л; взвешенных веществ – свыше 8 мг/л; ХПК не должна превышать 8 мг/л.

При большом содержании в сточной воде взвешенных веществ и большей ХПК необходимо провести ее предварительную очистку.

Выбор схемы ионообменной очистки и обессоливания сточных вод производится в зависимости от назначения установки, состава и расходов сточных вод, требований к качеству очищенной воды.

Очистка и частичное обессоливание сточных вод, имеющих слабокислую или нейтральную реакцию, от ионов 2- и 3-валентных металлов, при отсутствии или малом содержании катионов щелочных металлов, а также аммония, анионов слабых кислот (карбонатов, силикатов, боратов) или допустимости их присутствия в очищенной воде производится по одноступенчатой схеме последовательным фильтрованием через катионит в водородной форме и слабоосновный анионит в гидроксильной форме. При наличии в воде, подвергаемой очистке, окислителей (хромат- и бихроматионов), в качестве анионообменника необходимо применять слабоосновные аниониты АН-18-10 П, АН-251 или сильноосновной анионит АВ-17, стойкие к окислительному действию указанных ионов.

Для более глубокой очистки сточных вод от анионов слабых кислот (боратов, силикатов) применяют схему с одноступенчатым Н-катионированием и 2-ступенчатым Н-анионированием. На первой ступени анионирование производится с использованием слабоосновных анионитов, на второй ступени используются сильноосновные аниониты.

Для обессоливания и очистки сточных вод при большом содержании катионов щелочных металлов и аммония, а также при наличии ионов 2- и 3-валентных металлов целесообразно применять 2-ступенчатое Н-катионирование.

Расчет ионитовых фильтров можно проводить двумя путями.

1. По заданной площади фильтрования принимают определенное количество стандартных фильтров и рассчитывают время работы (межрегенерационный период) каждого фильтра.

2. Задаются количеством регенераций в сутки и рассчитывают необходимое количество стандартных фильтров.

Первый способ целесообразно применять при малых расходах сточных вод и небольшой их загрязненности, т.е. когда межрегенерационный период составляет несколько суток. Второй способ – при относительно больших расходах сточных вод.

Расчет фильтров по варианту № 1

1. Определение суммарной площади фильтрования:

$$F_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{час}}}{v_f}, \text{ м}^2, \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{час}}$ – максимальный часовой расход сточных вод, м³/ч;

v_f – рабочая скорость фильтрования воды, м/ч.

Скорость фильтрования зависит от общего солесодержания воды (P , мг-экв/л), табл.4.1.

Таблица 4.1

Зависимость скорости фильтрования от солесодержания воды

P , мг-экв/л	v_f , м/ч
≤ 5	20
$5 \div 15$	15
$15 \div 20$	10
> 20	8

Общее солесодержание можно рассчитать по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{E_i}, \text{мг-экв/л}, \quad (4.2)$$

где C_i – концентрация i -того металла, мг/л;

E_i – эквивалентная масса i -того металла, мг-экв/мг.

2. Выбираем типовой (стандартный) фильтр (табл.4.2 и 4.3).

Таблица 4.2

Характеристики ионообменных аппаратов с плотным слоем ионита

Характеристика фильтра	ФИПа-1-1-6	ФИПа-1-1,5-6	ФИПа-1-2-6	ФНПа-1-2,6-6	ФНПа-1-3-6	ФНПа-1-3,4-6
Рабочее давление, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Площадь фильтрования, м ²	0,785	1,775	3,14	5,3	7,1	9,1
Диаметр фильтра, мм	1000	1500	2000	2600	3000	3100
Высота слоя ионита, м	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5
Объем загрузки ионита, м ³	1,6	3,56	7,85	13,25	17,75	22,75
Масса фильтра (с арматурой), т	0,905	1,692	2,746	4,558	5,527	7,848
Удельное давление на фундамент, МПа	0,65	0,69	0,6	0,65	0,68	0,65
Изготовитель	Бийский котельный завод		Таганрогский завод «Красный котельщик»			

Таблица 4.3

Характеристика фильтры смешанного действия

Характеристика фильтра	ФСДН _р -2,0-10	ФСДН _р -2,6-10	ФСДН _р -3,4-10	ФСДВ _р -2,0-6
Давление, МПа:				
рабочее	1	1	1	0,6
пробное гидравлическое	1,3	1,3	1,3	0,9
Площадь фильтрования, м	3,14	5,3	9,1	3,13
Диаметр фильтра, мм	2000	2600	3400	2000
Высота фильтрующего слоя, м:				
общая	1,2	1,2	1,2	1,2
катионита	0,6	0,6	0,6	0,6
анионита	0,6	0,6	0,6	0,6
Объем фильтрующей загрузки, м:				
катионита	1,9	3,18	5,5	1,9
анионита	1,9	3,18	5,5	1,9
Масса, т:				
катионита	1,35	2,26	3,9	1,35
анионита	1,4	2,35	4,1	1,44
нагрузочная	17	20,5	45	15,5
Удельное давление на фундамент, МПа,	0,6	0,5	0,6	0,6
Изготовитель	Таганрогский завод «Красный котельщик»			

3. Определение площади фильтрации одного фильтра:

$$F_f = \frac{\pi \cdot D_f^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (4.3)$$

где D_f – диаметр типового фильтра, м.

4. Количество фильтров:

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_f}. \quad (4.4)$$

5. Определение объема ионита:

$$W_{uf} = F_f \cdot H_{cl}, \text{ м}^3, \quad (4.5)$$

где H_{cl} – высота загрузки ионита, м (табл.4.2 ,4.3).

6. Определение продолжительности межрегенерационного периода фильтрации:

$$T = \frac{N \cdot W_{uf} \cdot POE}{Q_{\text{час}} \cdot (P_{\text{нач}} - P_{\text{кон}})}, \text{ ч}, \quad (4.6)$$

где POE – рабочая обменная емкость ионита г-экв/м³. Она приводится в каталогах на иониты (табл. 4.4) или рассчитывается по формуле:

$$POE = \alpha_k \cdot COE - K_{\text{ion}} \cdot q_{\text{np}} \sum C_w^k, \quad (4.7)$$

где α_k - коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации и принимаемый равным 0,8 - 0,9;

COE - полная обменная емкость ионита, г-экв/м³, определяемая по заводским паспортным данным, по каталогу на иониты или по экспериментальным данным;

q_k - удельный расход воды на отмывку ионита после регенерации, м³ на 1 м³ ионита, принимаемый равным 3 - 4;

K_{ion} - коэффициент, учитывающий тип ионита; для катионита принимается равным 0,5, для анионита – 0,8;

$\sum C_w^k$ - суммарная концентрация катионов/анионов в отмывочной воде (при отмывке катионита/анионита ионированной водой).

$P_{нач}$, $P_{кон}$ – начальное и конечное солесодержание воды соответственно, г-экв/м³.

Таблица 4.4

Характеристика ионообменных смол

Марка ионита	Размер зерен, мм	Насыпная масса, т/м³		Рабочая обменная способность, г-экв/м³	Технические условия, ГОСТ
		товарного продукта	в набухшем состоянии		
Катиониты					
Сульфоуголь 1-го сорта:					
крупный СК-1	0,5-1,2	0,67-0,7		500	ГОСТ 5696-51
мелкий СМ-1	0,25-0,7	0,69-0,79		570	ГОСТ 5696-51
Катионит КУ-1	0,3-2,0	0,6-0,73	0,33	650	ХТУ 107-58
Катионит КУ-2-8	0,315-1,25	0,7-0,88	0,34	1700	ГОСТ 5.1428-72
Катионит КУ-2-8ЧС	0,4-1,5	0,75-0,9	0,33	1700	МРТУ6-05-952-65
Катионит КБ-4-П2	0,25-1,0	0,68-0,82		2800	МРТУ6-05-902-63
Аниониты					
Анионит АН-18-6	0,355-1,2	0,6-0,7	0,4	1000	МРТУ6-05-962-65
Анионит АН-31	0,4-2,0	0,72-0,75	0,31	1500	ГОСТ 13 504-68
Анионит АН-17-8	0,355-1,25	0,74	0,33	800	ГОСТ 13 504-68
Анионит АН-17-8ЧС	0,4-1,25	0,74	0,33	800	ГОСТ 13 504-68
Анионит АВ-23	0,25-1,0	0,7	0,36-0,32	650	ТУП-494-66

Расчет фильтров по варианту № 2

1. Задаемся количеством регенераций фильтра и определяем суммарный объем загрузки ионита:

$$\Sigma W_u = \frac{T \cdot Q_{час} \cdot (P_{нач} - P_{кон})}{POE}, \text{ м}^3, \quad (4.8)$$

где T – продолжительность межрегенерационного периода, ч:

$$T = \frac{24}{n} - (t_{взр} + t_{рег} + t_{отм}), \text{ ч}, \quad (4.9)$$

где $t_{взр}$ – продолжительность взрыхления фильтра, 0,25 ч;

$t_{рег}$ – продолжительность регенерации, 0,42 ч;

$t_{отм}$ – продолжительность отмывки, 0,83 ч.

n – число регенераций фильтра в сутки ($1 \div 3$).

2. Выбираем стандартный фильтр из каталога и определяем объем загрузки ионита для одного фильтра (W_{uf}) по формуле (4.5).

3. Определяем количество фильтров:

$$N = \frac{\Sigma W_u}{W_{uf}}. \quad (4.10)$$

4. Определяем фактическую площадь фильтрования ($\Sigma F_{раб}$) и фактическую скорость фильтрования (v_{ff}):

$$\Sigma F_{раб} = N \cdot \frac{\pi \cdot D_f^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (4.11)$$

$$v_{ff} = \frac{Q_{час}}{\Sigma F_{раб}}, \text{ м/ч} \quad (4.12)$$

v_{ff} должна быть меньше или равна рекомендуемой скорости фильтрования (табл. 4.1).

Расчет количества реагентов и воды на одну регенерацию каждого фильтра

1. Определить массу реагента:

$$G_p = \frac{POE \cdot W_{uf} \cdot E_p \cdot D_p}{1000}, \text{ кг}, \quad (4.13)$$

где E_p – эквивалентная масса реагента, г-экв/г;

D_p – удельный расход реагента на регенерацию, г-экв/г-экв (емкости ионита);

Таблица 4.5

Таблица характеристик основных реагентов

Реагент	D_p , г-экв/г-экв	E_p , г-экв/г	C , %	$v_{рег}$, м/ч
H ₂ SO ₄	2.5	49	7–10	2
HCl	2.5	36.5	7–10	2
NaOH	2.5÷3.0	40	4–6	1÷1.5
NaCl	2.5÷3.4	58.5	10	2
Na ₂ CO ₃	2.5÷3.0	53	4–6	1÷1.5

2. Определить объем воды на процесс регенерации:

а) на растворение реагента:

$$q_{расств} = \frac{G_p \cdot (100 - C_{\%})}{1000 \cdot C_{\%}}, \text{ м}^3, \quad (4.14)$$

где $C_{\%}$ – концентрация реагента, % (табл. 4.5)

б) на взрыхление ионита:

$$q_{взр} = \frac{\omega_{взр} \cdot F_f \cdot t_{взр} \cdot 60}{1000}, \text{ м}^3, \quad (4.15)$$

где $\omega_{взр}$ – интенсивность взрыхления 3÷4 л/(с·м²);

$t_{взр}$ – продолжительность взрыхления фильтра, 15 мин.

в) на отмывку ионита:

$$q_{отм} = \omega_{отм} \cdot F_f \cdot H_{сл}, \text{ м}^3, \quad (4.16)$$

где $\omega_{отм}$ – интенсивность отмывки, $2.5 \div 3.0 \text{ м}^3/\text{м}^3(\text{ионита})$

г) Общее количество воды на регенерацию:

$$q_{\Sigma} = q_{раств} + q_{взр} + q_{отм}, \text{ м}^3. \quad (4.17)$$

Общий расход воды на собственные нужды составит:

$$q = q_{\Sigma} \cdot n \cdot N, \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (4.18)$$

$$q_{\%} = \frac{q}{Q_{сут}} \cdot 100\%, \quad (4.19)$$

где $Q_{сут}$ – среднесуточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Задание

Рассчитать умягчение воды на Na-катионитовом фильтре. Исходные данные приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Исходные данные для расчетного задания

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{час}, \text{ м}^3/\text{ч}$	50	80	30	30	45	25	56	100	30	75
$[\text{Ca}^{2+}]_{нач}, \text{ мг/л}$	100	150	200	80	320	–	185	300	260	100
$[\text{Mg}^{2+}]_{нач}, \text{ мг/л}$	100	52	–	31	98	65	79	54	200	150
$J_{конеч}, \text{ мг-экв/л}$	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,3	0,5	0,4	0,1	0,1

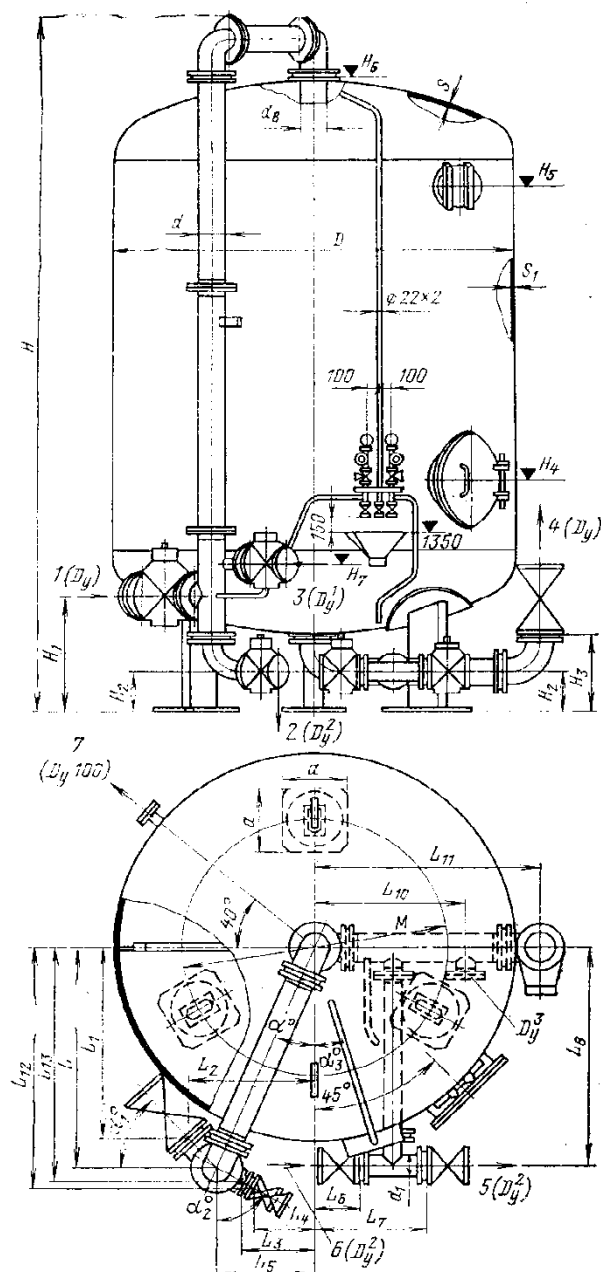


Рис 4.1. Фильтры ионообменные параллельноточные первой ступени (водородные и натриевые) диаметром от 2000 до 3400 мм. 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – спуск промывочной воды; 3 – подвод регенерационного раствора; 4 – выход обработанной воды; 5 – спуск отмывочной воды; 6 – подвод промывочной воды; 7 – штуцер для гидровыгрузки, установлен на отметке для фильтров диаметром: 2000 – 915 мм; 2600 – 1050 мм; 3000 – 1210 мм

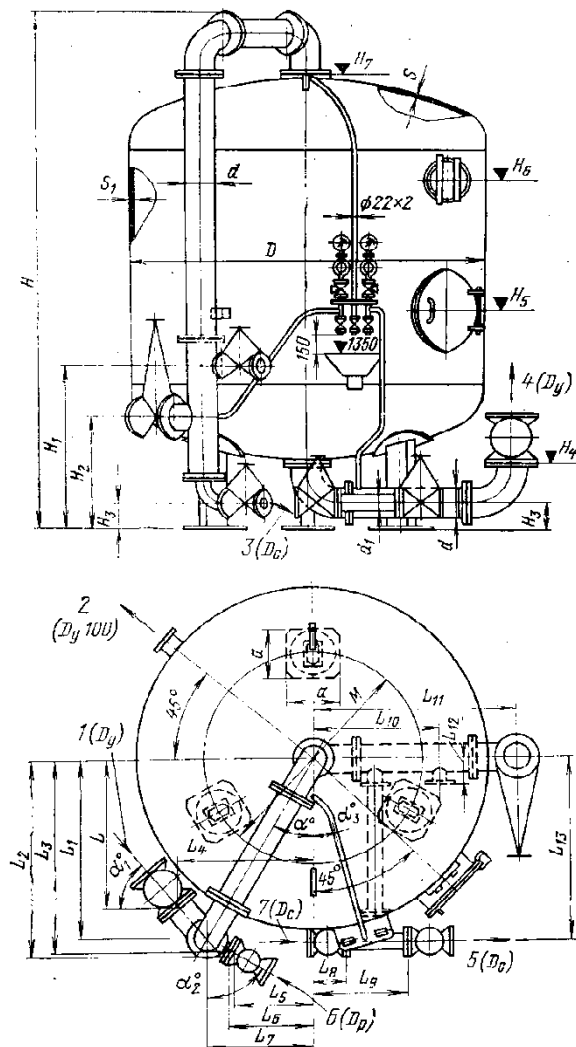


Рис 4.2. Фильтры ионообменные параллельноточные второй ступени (водородные и натриевые) диаметром от 2000 до 3000 мм. 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – штуцер для гидровыгрузки, установлен на отметке для фильтров диаметром: 2000 – 960 мм; 2600 – 1110 мм; 3000 – 1300 мм; 3 – спуск промывочной воды; 4 – выход обработанной воды; 5 – спуск отмывочной воды; 6 – подвод регенерационного раствора; 7 – подвод промывочной воды

5. Расчет процесса нитрификации-денитрификации

Биологический метод очистки сточных вод от соединений азота основан на процессах нитрификации и денитрификации. Процесс нитрификации представляет собой совокупность реакций биологического окисления аммонийного азота до нитритов и далее до нитратов. В ходе денитрификации происходит окисление органических веществ при восстановлении азота нитратов до свободного азота.

Удаление азота методом нитрификации-денитрификации может осуществляться по трем схемам (рис.5.1).

При удалении из сточной жидкости азота по схеме «а» денитрификатор устанавливается в начале. При этом в качестве питательного субстрата используются загрязнения поступающей на очистку сточной жидкости. В случае недостатка питательного субстрата вводится искусственный субстрат. Если количество питательного субстрата сточной жидкости превышает количество, необходимое для восстановления поступающего в денитрификатор азота нитратного, то после денитрификации желательно предусмотреть аэротенк, в котором БПК_{полн.} сточной жидкости будет снижаться до 15 мг/л. Устройство нитрификатора на последней стадии очистки стоков не позволяет удалить из сточной жидкости азот, как в схеме «б», а может лишь обеспечить полное окисление азота аммонийного до азота нитратного. Концентрация $N-NO_3$ в очищенной сточной жидкости зависит от степени рециркуляции активного ила: чем она выше, тем ниже концентрация азота нитратного.

Применяя технологическую схему «б», в которой денитрификатор расположен в конце и применяется искусственный органический субстрат, из сточной жидкости можно удалить практически весь азот.

Схема «в» отличается от схемы «б» тем, что поступающая из первичных отстойников сточная жидкость делится на два потока: один

направляется в аэротенк, другой – в денитрификатор. При высоких значениях БПКполн. осветленной сточной жидкости исключается применение искусственного питательного субстрата. Недостатком этой схемы является присутствие в очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водоем, азота аммонийного, поступившего в денитрификатор с осветленной водой. Его концентрация также зависит от степени рециркуляции.

В состав сооружений по удалению азота методом нитрификации-денитрификации входят: аэротенки, нитрификаторы, денитрификаторы, постаэраторы.

Расчет сооружений по удалению из сточной жидкости азота сводится к определению:

- объемов аэротенка, нитрификатора, денитрификатора, постаэратора;
- требуемого объема воздуха для аэротенка, нитрификатора и постаэратора;
- требуемого количества питательного субстрата для восстановления окисленной формы азота (NO) до элементарного (N_2);
- сухого вещества и объема избыточного ила, образующегося в аэротенках, нитрификаторах, денитрификаторах в результате изъятия из сточной жидкости органических загрязнений и азота.

Ниже приводится алгоритм расчета нитрификаторов-денитрификаторов по схеме «а».

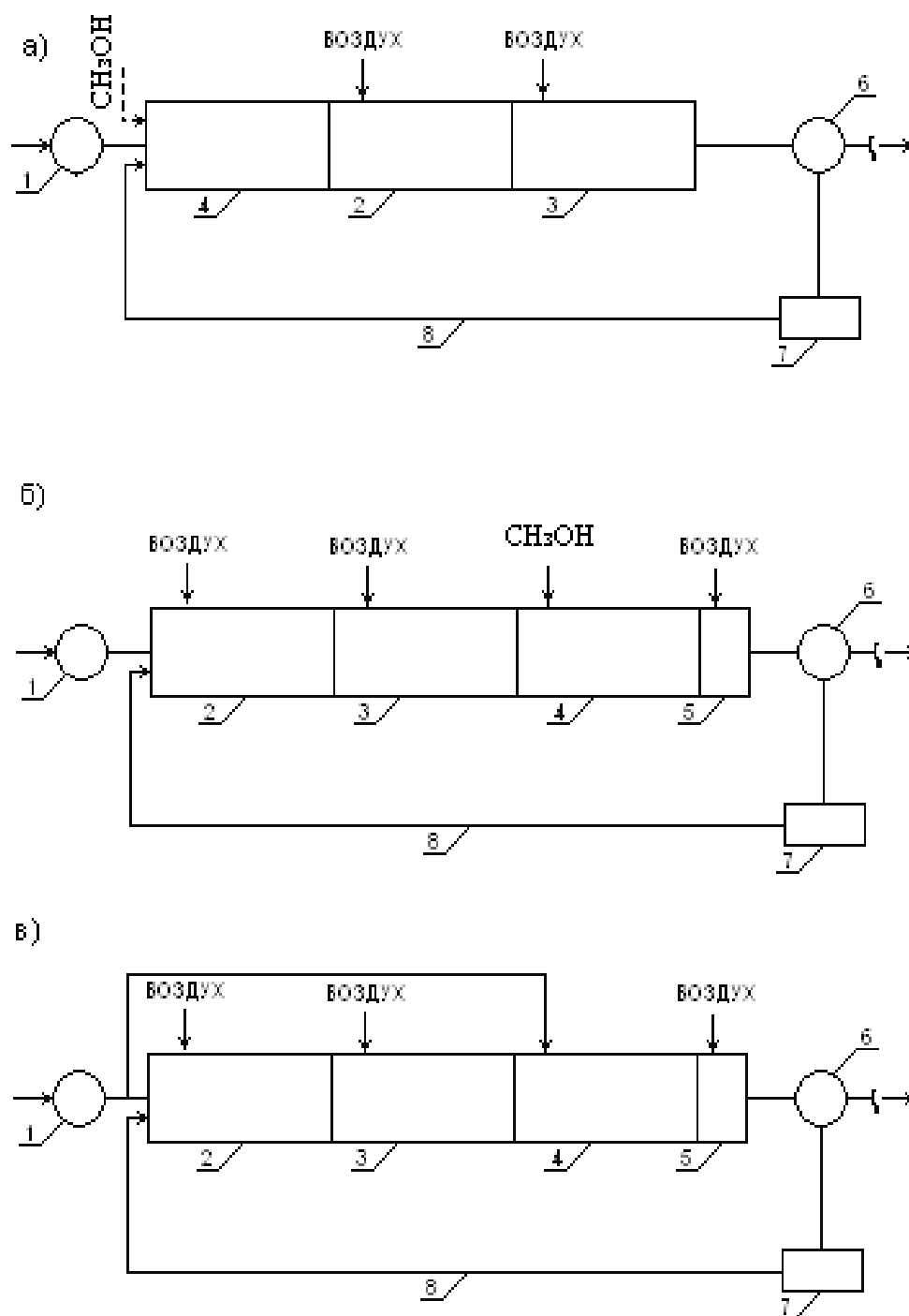


Рис.5.1. Возможные схемы удаления из сточной жидкости азота методом нитрификации-денитрификации:

- 1-первичный отстойник; 2-аэротенк; 3-нитрификатор;
- 4-денитрификатор; 5-постаэратор; 6-вторичный отстойник;
- 7-насосная станция циркулирующего активного ила;
- 8-циркулирующий активный ил

Пример расчета нитрификатора-денитрификатора по схеме «а».

Исходные данные:

- Суточный расход сточных вод $Q_{\text{сут}} = 20$ тыс. м³/сут.
- Концентрация азота аммонийного $C_{\text{N-NH}_4} = 24$ мг/л.
- pH = 7,5.
- Коэффициент неравномерности поступления сточных вод $K_{\text{ген max}} = 1,51$.
- Концентрация азота органического $C_{\text{N-org}} = 4$ мг/л.
- Эффективность осветления воды в первичном отстойнике $\mathcal{E}_{\text{осв}} = 50$ %.
- Максимальный часовой расход сточных вод $q_{\text{max}} = 1660$ м³/ч.
- Температура сточной воды в холодный период года $T_w^3 = 13$ °С.
- Температура сточной воды в теплый период года $T_w^{\text{Л}} = 21$ °С.
- Концентрация взвешенных веществ в сточной воде перед первичным отстойником $C_{\text{ен}} = 240$ мг/л.
- БПК_{полн} сточной воды, поступающей в первичный отстойник, $L_{\text{ен}} = 270$ мг/л.
- Сброс очищенной воды осуществляется в водоем рыбохозяйственного назначения. Категория водоема I.
- ПДК азота аммонийного $C^{\text{ПДК}}_{\text{N-NH}_4} = 0,9$ мг/л.
- ПДК азота нитратов $C^{\text{ПДК}}_{\text{N-NO}_3} = 1$ мг/л.

1. Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в денитрификатор из первичных отстойников, работающих с эффективностью $\mathcal{E}_{\text{осв}}$.

$$C_{\text{cdp}} = \frac{C_{\text{ен}}(100 - \mathcal{E}_{\text{осв}})}{100}, \text{ мг/л.} \quad (5.1)$$

2. Значение БПК_{полн} сточной воды, поступающей в денитрификатор из первичных отстойников.

$$L_{cdp} = L_{en} - 0,01 C_{en} \mathcal{E}_{ocv} (1-S), \text{ мг/л}; \quad (5.2)$$

где S – зольность частиц, поступающих со сточной жидкостью в денитрификатор, принимается равной 0,25 - 0,3.

3. Прирост активного ила в денитрификаторе и аэротенке:

$$Pi = 0,8 \cdot C_{cdp} + 0,3 \cdot L_{cdp}, \text{ мг/л} \quad (5.3)$$

4. Количество азота, пошедшее на синтез клеток микроорганизмов в денитрификаторе и аэротенке:

$$(\Delta N) = Pi \cdot M \cdot m \cdot (1-S), \text{ мг/л}, \quad (5.4)$$

где M – доля микроорганизмов в активном иле, принимается равной 0,2-0,3;

m – доля азота в клетках микроорганизмов в пересчете на сухое вещество, принимается равной 0,05-0,15.

5. Концентрации азота органического, поступающего в денитрификатор из первичного отстойника:

$$(C_{N-орг})_{cdp} = \frac{C_{N-орг}(100 - \mathcal{E}_{ocv})}{100}, \text{ мг/л}. \quad (5.5)$$

6. Требуемая степень рециркуляции активного ила в системе «вторичный отстойник – аэротенк - вторичный отстойник», обеспечивающая снижение $N-NO_3$ в очищенной сточной жидкости до значений,

соответствующих ПДК (9 мг/л), определяется из уравнения материального баланса по азоту:

$$C_{N-NO_3}^{ПДК} + \Delta N + C_{N-NH_4}^{ПДК} = \frac{C_{N-NH_4} + (C_{N-опз})_{cdp}}{1 + R_i}$$

$$R_i = \frac{(C_{N-NH_4} + (C_{N-опз})_{cdp})}{(C_{N-NO_3}^{ПДК} + \Delta N + C_{N-NH_4}^{ПДК})} - 1. \quad (5.6)$$

7. Количество азота нитратов, поступивших в денитрификатор из вторичного отстойника с рециркуляционным потоком:

$$A_{N-NO_3} = \frac{C_{N-NO_3}^{ПДК} \cdot Q_{сут} \cdot R_i}{10^6}, \text{т/сут.} \quad (5.7)$$

8. Значение азота нитратного в сточной воде, поступающей в денитрификатор с учетом рециркуляционного потока:

$$(C_{N-NO_3})_{ден} = \frac{(C_{N-NO_3})_{en} + Q_{сут} \cdot (C_{N-NO_3})_{ц} \cdot Q_{ц}}{Q_{сут} + Q_{ц}}, \text{мг/л}, \quad (5.8)$$

где $(C_{N-NO_3})_{en}$ и $(C_{N-NO_3})_{ц}$ – концентрация азота нитратного соответственно в исходной сточной жидкости и в циркулирующем иле, составляет: $(C_{N-NO_3})_{en} = 0$ мг/л, $(C_{N-NO_3})_{ц} = C_{N-NO_3}^{ПДК}$;

$Q_{ц}$ – расход циркулирующего ила, м³/сут, определяют по формуле:

$$Q_{ц} = Q_{сут} \cdot R_i.$$

9. Количество загрязнений по БПК_{пол.}, затраченных в денитрификаторе на восстановление азота нитратного:

$$(A_L)_{вос.} = K_i^{ден} \cdot A_{N-NO_3}, \text{т/сут} \quad (5.9)$$

где $K_i^{ден}$ – коэффициент, принимаемый равным 4 для обеспечения полного восстановления нитратов до элементарного азота:

(БПК_{пол.}: C_{N-NO₃} = 4:1).

10. Количество загрязнений по БПК_{пол.}, поступающих в денитрификатор:

$$(A_L)_{ден} = \frac{L_{cdp} \cdot Q_{сут}}{10^6}, \text{т/сут.} \quad (5.10)$$

11. Количество загрязнений по БПК_{пол}, поступающих в аэротенк:

$$(A_L)_{atp} = (A_L)_{ден} - (A_L)_{вос}, \text{ т/сут.} \quad (5.11)$$

12. Значение БПК_{пол} в сточной воде, поступающей в аэротенк:

$$(L_{en})_{аэр} = \frac{(A_L)_{atp} \cdot 10^6}{Q_{сут}}, \text{ мг/л.} \quad (5.12)$$

13. Продолжительность обработки сточной воды в денитрификаторе:

$$t_{ден} = \frac{(C_{NO-NO_3})_{en}^{ден} - (C_{N-NO_3})_{ex}^{ден}}{a_i \cdot (1 - s_i^{ден}) \rho_{ден}} \cdot \frac{20}{T_W^3}, \text{ ч,} \quad (5.13)$$

где $(C_{N-NO_3})_{en}^{ден}$ и $(C_{N-NO_3})_{ex}^{ден}$ – концентрация нитратов соответственно на входе и выходе из него;

a_i – доза ила в денитрификаторе принимается равной 1-5 г/л, рекомендуется принимать 2 г/л (оптимальная концентрация);

$\rho_{ден}$ – скорость восстановления нитратов, принимается в зависимости от начального значения нитратов по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Данные зависимости скорости восстановления нитратов от начальной концентрации нитратов в воде

$(C_{N-NO_3})_{en}^{ден}, \text{ мг/л}$	10	20	30	40	50	60	70	80
$\rho_{ден}, \text{ мг/(г} \cdot \text{ч)}$	7,5	11,5	13,5	15	17	17,5	18,5	19

14. Объем денитрификатора:

$$W_{ден} = q_m \cdot t_{ден} \cdot (1 + Ri), \text{ м}^3, \quad (5.14)$$

где q_m – средний расход сточной воды, поступающей на сооружения биологической очистки, принимаем $q_m = q_{max} \text{ м}^3/\text{ч}$.

15. Продолжительность обработки сточной воды в аэротенке:

$$t_{at} = \frac{1 + \varphi \cdot a_i}{\rho_{max} C_0 a_i (1 - s_i)} \cdot \left[(C_0 + K_0) \cdot (L_{mix} - L_{ex}) + K_l C_0 \ln \frac{L_{en}}{L_{ex}} \right] \cdot K_p \cdot \frac{15}{T_W^3}, \text{ ч,} \quad (5.15)$$

где ϕ – коэффициент ингибирования процесса биохимического окисления органических веществ продуктами распада активного ила, принимается равным 0,07л/г;

ρ_{max} – максимальная скорость окисления органических веществ в аэротенке, принимается равной 85 мг БПК_{пол} /(г·ч);

C_0 – концентрация растворенного кислорода в аэротенке, принимается по СНиП равной 2 мг/л;

a_i – доза ила в аэротенке, принимается такой же, как и в денитрификаторе 1-5г/л;

S_i – зольность активного ила в аэротенке примерно равна зольности ила в денитрификаторе;

K_0 – константа, характеризующая влияние кислорода, принимается по табл.2 Приложения;

L_{mix} – БПК_{пол} сточной воды с учетом разбавления рециркуляционным расходом $L_{mix} = \frac{L_{cdp} + L_{ex} \cdot Ri}{1 + Ri}$, мг/л;

K_l – константа, характеризующая свойства органических загрязнений по БПК_{пол}, принимается по табл.2 Приложения;

K_p – коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, принимается 1,5.

16. Требуемый объем аэротенка:

$$W_{at} = q_m \cdot t_{at}, \text{ м}^3. \quad (5.16)$$

17. Требуемая продолжительность нахождения сточной воды в нитрификаторе:

$$t_{\text{нит}} = \frac{(C_{N-NH_4} + C_{N-Норг})_{cdp} - (\Delta N) - C_{N-NH_4}^{ПДК}}{a_i(1 - S_i^{\text{нит}}) \rho_{\text{нит}} \cdot K_{pH}} \cdot \frac{20}{T_W^3}, \quad (5.17)$$

где a_i – доза ила в нитрификаторе равна дозе ила в аэротенке и денитрификаторе, г/л;

$s_i^{нит}$ – зольность ила в нитрификаторе принимается выше, чем в аэротенке и денитрификаторе, поскольку процесс денитрификации сопровождается минерализацией органических веществ, однако, $s_i^{нит}$ для академического проекта можно принять равной 0,3;

$\rho_{нит}$ – скорость окисления азота аммонийного, принимается по табл. 5.2;

Таблица 5.2

Данные зависимости скорости восстановления азота аммонийного от начальной концентрации азота аммонийного в воде

C_{N-NH_4} , мг/л	90	70	50	30	20	5
$\rho_{нит}$, мг/(г·ч)	22,5	19,5	15,6	11	4	2,5

K_{pH} – коэффициент, учитывающий влияние pH (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Данные зависимости коэффициента, учитывающего влияние pH от pH очищаемой воды

pH	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
K_{pH}	0,14	0,28	0,48	0,73	0,95	1,0	0,87	0,68

18.Требуемый объем нитрификатора:

$$W_{нит} = q_m \cdot t_{нит}, м^3. \quad (5.18)$$

19.Требуемый объем денитрификатора, аэротенка, нитрификатора:

$$\Sigma W_{ден} + W_{ат} + W_{нит}, м^3. \quad (5.19)$$

20. Подбираем аэротенк-нитрификатор-денитрификатор и выписываем основные размеры секций и коридоров.

21. Рассчитываем размеры денитрификатора $L_{ден}$, аэротенка $L_{ат}$ и нитрификатора $L_{нит}$ по формуле:

$$L = L_{общ} \cdot P_n, \text{ м}, \quad (5.20)$$

где $L_{общ}$ – общая длина коридоров в секции, $L_{общ} = L_s \cdot N_k$, м;

L_s – длина секции типового аэротенка;

N_k – число коридоров;

P_n – доля денитрификатора, аэротенка, нитрификатора от общего объема сооружений.

Распределение объемов сооружений представить в виде схемы на рис.5.2.

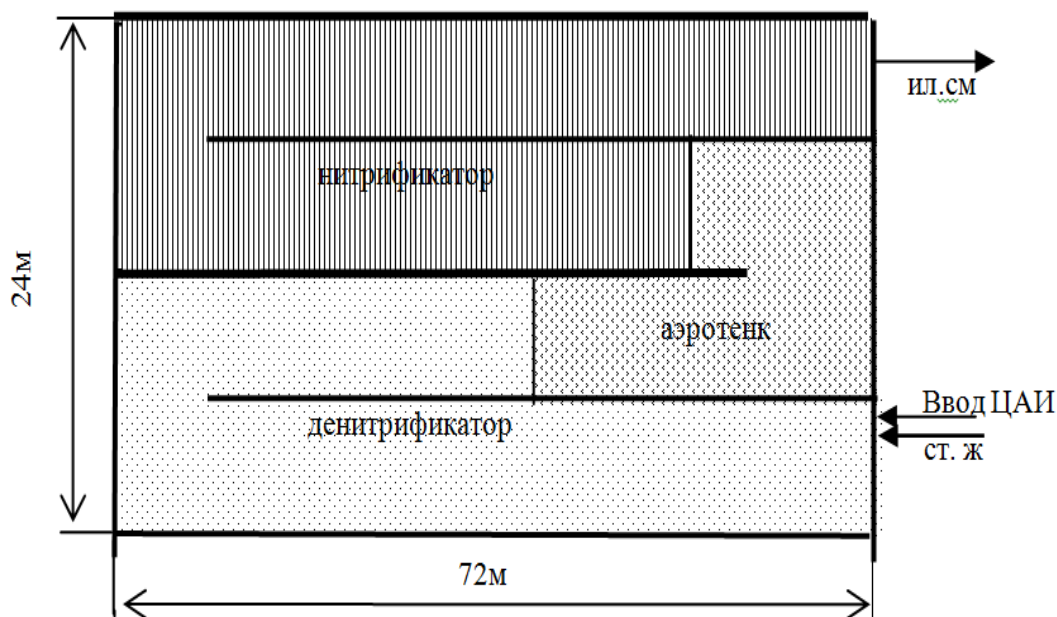


Рис.5.2. Распределение объемов сооружения между денитрификатором, аэротенком и нитрификатором

22. Рассчитаем требуемый удельный расход воздуха в аэротенке и нитрификаторе:

$$q_{air} = \frac{q_0[(L_{cdp} - L_{ex}) + (L_{en}^{эKB} - L_{ex}^{эKB})]}{K_1 K_2 K_3 K_4 (C_a - C_0)}, \quad (5.21)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора, $K_1 = 1,34$;

K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора, принимают $K_2 = 2,6$;

K_3 – коэффициент, учитывающий температуру сточной жидкости $K_3 = 1,02$;

K_4 – коэффициент качества воды, принимается равным 0,85 для хозяйственно-бытовых стоков;

$L_{en}^{эKB}$ – количество кислорода, необходимое для полного окисления азота,

$$L_{ex}^{эKB} = C_{N-NH_4}^{ПДК} \cdot 3,43;$$

C_a – растворимость кислорода в сточной жидкости при заданной температуре,

$$C_m \left(1 + \frac{H_{air}}{20,6} \right) \cdot \frac{P_{атм}}{P_{норм}}, \frac{мг}{л}, \quad (5.22)$$

где C_m – растворимость кислорода воздуха в дистиллированной воде при самой неблагоприятной температуре (летний период), принимается по табл 3. Приложения.

$P_{атм}$ – расчетное атмосферное давление района проектирования, принимается равным минимальному значению, принять 720 мм рт. ст.;

$P_{норм}$ – нормальное атмосферное давление равно 760 мм рт.ст.

23. Общий расход воздуха, подаваемый в аэротенк и нитрификатор:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot q_m, м^3/ч. \quad (5.23)$$

24. Подбираем количество воздуходувок. Количество воздуходувок с учетом их параллельной работы:

$$N_B = \frac{Q_{air}}{k \cdot Q_B}, \quad (5.24)$$

где Q_B – производительность воздуходувки, $м^3/ч$;

k - коэффициент, вводимый при работе двух и более воздуходувок, принимается равным 0,8.

25. Количество избыточного активного ила, удаляемого из биологической системы:

$$\Delta Pi = Pi - a_t, \text{ мг/л}, \quad (5.25)$$

где a_t – вынос частиц активного ила из вторичных отстойников.

26. Суточное количество избыточного ила по сухому веществу:

$$Ai = \frac{\Delta Pi \cdot Q_{\text{сут}}}{10^6}, \text{ т/сут}, \quad (5.26)$$

27. Объем избыточного активного ила:

$$Qi = \frac{100 \cdot Ai}{(100 - Pi) \gamma}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Pi = \left(1 - \frac{a_{\text{ил.кам}}}{1000}\right) \cdot 100\% \quad (5.27)$$

$$a_{\text{ил.кам}} = a_i \left(\frac{1 + Ri}{Ri}\right), \text{ г/л}$$

28. Подбираем насосы для циркулирующего активного ила.

Принимаем типовой насос по каталогу и рассчитываем количество по формуле:

$$N_{\text{нас}} = \frac{Ri \cdot Q_{\text{сут}}}{24 \cdot k_{\text{нас}} \cdot q_{\text{нас}}}, \quad (5.28)$$

$k_{\text{нас}}$ – коэффициент, учитывающий совместную работу нескольких насосов на один трубопровод, $k_{\text{нас}} = 0,8 \dots 0,9$.

6. Расчет электрокоагулятора со стальными электродами

Электрокоагуляторы со стальными электродами относятся к нестандартному оборудованию. Корпус электрокоагулятора представляет собой прямоугольный резервуар, изготовленный из синтетических кислотостойких материалов (полиизобутилен, полипропилен и др.), или футерованный изнутри этими материалами. Электрокоагулятор оборудуется вытяжным вентиляционным устройством (например, бортовыми отсосами) для удаления газов, образующихся при электролизе сточных вод. Целесообразно, чтобы дно электрокоагулятора имело небольшой уклон (до 5°) в сторону выхода сточных вод.

Наибольшее применение получили в настоящее время электрокоагуляторы с помещенными в них пакетами (блоками) плоских пластинчатых электродов, расположенных вертикально, параллельно друг другу (рис. 6.1).

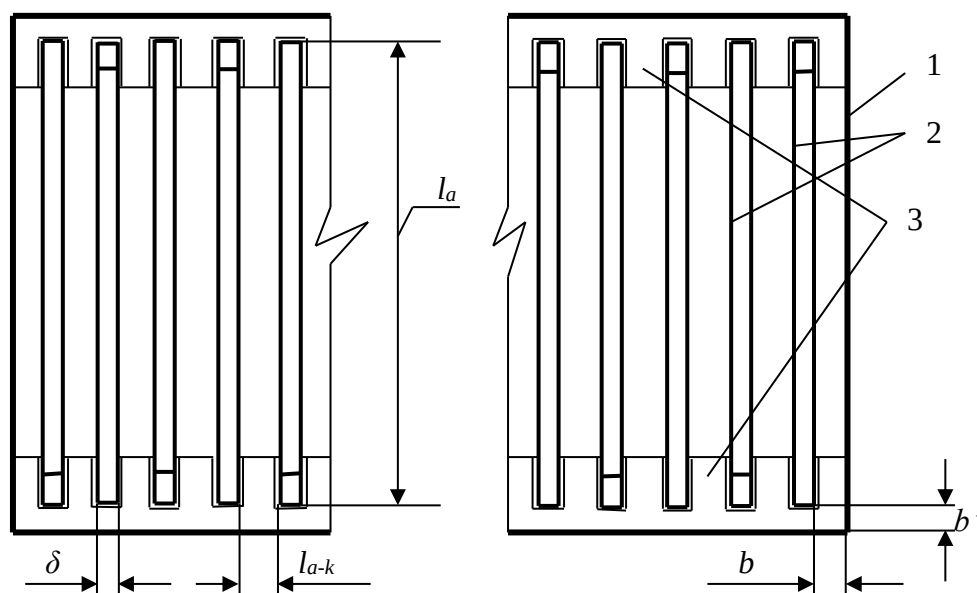


Рис. 6.1. Упрощенная схема электрокоагулятора:

1 – корпус; 2 – электроды; 3 – гребенка из диэлектрика

Движение потока сточных вод в электрокоагуляторе следует осуществлять вдоль поверхности электродных пластин в вертикальном направлении (снизу вверх или сверху вниз) либо в горизонтальном направлении.

Для равномерного распределения воды между электродами и равномерного ее отвода рекомендуется предусмотреть в электрокоагуляторе или в отдельных его секциях приемные и сборные камеры. Приемные камеры отделяются от рабочего пространства электрокоагулятора дырчатыми перегородками, которые рассчитываются как распределитель высокого сопротивления (отношение суммарного сечения отверстий в перегородках к общему сечению электрокоагулятора составляет $\geq 0,3$).

Электроды (катоды и аноды), помещаемые в электролизер, изготавливаются из низкоуглеродистой стали (Ст3, Ст4 и т. п.) и могут иметь толщину от 3 до 6 мм. Первоначальное расстояние между соседними электродами должно составлять 5-10 мм.

Рекомендуются следующие размеры электродных пластин: длина 0,6-1, ширина 0,3-0,6 м. Целесообразно использование электродов (анодов и катодов) в виде блоков. Блок электродов представляет собой набор стальных пластин, закрепленных на общей раме. Пластины через одну подключаются к катодной и анодной шинам источника постоянного электрического тока с помощью приваренных или припаянных к ним токоподводов. Для предотвращения коротких замыканий пластины в двух-трех местах по своей высоте разделяются прокладками из диэлектрика (текстолит, винипласт и др.), выполненными, например, в виде колец. Электродные пластины у своего основания или по их высоте (с обеих сторон) рекомендуется вставлять в «гребенку», также изготовленную из материала-диэлектрика. Масса одного электродного блока не должна превышать 0,05 т.

Электродные шины изготавливаются из медных (латунных) или алюминиевых прутков или полос, закрепляются на изоляторах на корпусе

электрокоагулятора и соединяются с соответствующими полюсами источника постоянного электрического тока. Диаметры (сечение) электродных, а также токоподводящих шин (кабелей), соединяющих электролизер с источником тока во избежание перегрева, рассчитываются на максимальную токовую нагрузку.

При расчете электрокоагулятора определяются общая поверхность и количество электродов, конструктивные размеры и число электрокоагуляторов и величина тока в электрической цепи. При этом основными исходными параметрами для расчета являются: расход сточных вод; исходная концентрация шестивалентного хрома и ионов тяжелых металлов в сточных водах; анодная плотность тока; удельный расход электричества, необходимый для обработки единицы объема сточных вод.

Исходные данные для расчета:

расход сточных вод q_w м³/ч (при круглосуточной работе установки),
исходные концентрации C_{en} шестивалентного хрома мг/л.

1. Рассчитываем величину тока в электрической цепи по формуле:

$$I_{cur} = q_{cur} \cdot C_{en} \cdot q_w, \text{ A}, \quad (6.1)$$

где q_w - производительность аппарата, м³/ч;

C_{en} - исходная концентрация удаляемого компонента в сточных водах, г/м³;

q_{cur} - удельный расход электричества, необходимый для удаления из сточных вод 1 г иона металла, А· ч/г, см табл. 6.1.

Таблица 6.1

Данные о зависимости удельного расхода электричества от типа металла

Металл, г.	Cr^{6+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}
q_{cur} , А· ч/г	3,1	2 - 2,5	4,5 - 5	6 - 6,5	3 - 3,5

При наличии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока надлежит определять по формуле (6.1), причем в формулу подставлять значения C_{en} и q_{cur} для шестивалентного хрома. При суммарной концентрации ионов тяжелых металлов свыше 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока, определяемую по формуле (6.1), следует увеличивать в 1,2 раза, а величины C_{en} и q_{cur} принимать для одного из компонентов, для которого произведение этих величин является наибольшим.

К установке принимается один выпрямитель переменного тока, вырабатывающий ток величиной до 1000 А при максимальном напряжении до 12 В.

2. Общая поверхность анодов определяют по формуле:

$$f_{pl} = I_{cur} / i_{an}, \text{ м}^2, \quad (6.2)$$

где i_{an} - анодная плотность тока, А/м². При суммарной концентрации шестивалентного хрома и ионов тяжелых металлов в сточных водах до 80 мг/л, в интервалах 80 - 100, 100 - 150 и 150 - 200 мг/л анодную плотность тока следует принимать соответственно 150, 200, 250 и 300 А/м².

3. Поверхность одного электрода f_{pl}^I , м², следует определять по формуле:

$$f_{pl}^I = 2 \cdot b_{pl} \cdot h_{pl}, \text{ м}^2, \quad (6.3)$$

где b_{pl} - ширина электродной пластины (0,3 – 0,6 м), м;

h_{pl} - рабочая высота электродной пластины (высота части электродной пластины, погруженной в жидкость, принимают 0,6-1,0 м), м.

4. Общее количество электродных пластин составит:

$$N_{pl} = 2 \cdot f_{pl} / f_{pl}^I + 1, \text{ шт.} \quad (6.4)$$

5. Принимаются к установке электродные блоки, каждый из которых состоит из не более 30 шт. стальных пластин.

6. Рабочий объем электрокоагулятора будет равен:

$$W_{ek} = f_{pl} \cdot b, \text{ м}^3, \quad (6.5)$$

где b - расстояние между двумя соседними электродами, принимают равным 0,008-0,010 м.

7. Время обработки сточных вод (время пребывания сточных вод в межэлектродном пространстве электрокоагулятора) составит:

$$t = W_{ek}/q_w, \text{ ч.} \quad (6.6)$$

8. Удельный расход металлического железа для обработки сточных вод определяем по формуле:

$$Q_{Fe} = \frac{q_{Fe} C_{en} q_w \cdot 24}{1000 K_{ek}}, \text{ кг/сут,} \quad (6.7)$$

где q_{Fe} - удельный расход металлического железа, г, для удаления 1 г одного из компонентов сточных вод (табл. 6.2);

K_{ek} - коэффициент использования материала электродов, в зависимости от толщины электродных пластин принимаемый равным 0,6 - 0,8.

Таблица 6.2

Данные о зависимости удельного расхода металлического железа от типа металла

Металл, 1г.	Cr^{6+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}
q_{Fe} , г/г	2-2,5	2,5-3	5,5-6	4 - 4,5	3 - 3,5

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа для обработки сточных вод надлежит определять по формуле (6.7), в которую подставляются значения q_{Fe} и C_{en} для шестивалентного хрома.

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов свыше 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа надлежит определять по формуле (6.7) с коэффициентом 1,2, а q_{Fe} и C_{en} относить к одному из компонентов сточных вод, для которого произведение этих величин является наибольшим.

9. Ширина одного электродного блока при толщине одной электродной пластины 5 мм будет равна:

$$B = N_9 \delta + b(N_9 - 1), \text{ м}, \quad (6.8)$$

где N_9 – количество электродных пластин в блоке, шт.;

δ – толщина электродной пластины, принимают 0,008-0,01м.

10. Объем отсасываемого воздуха рассчитываем по формуле:

$$V = 0,105 \cdot I_{cur.}, \quad \text{м}^3/\text{ч}. \quad (6.9)$$

Задание

Рассчитать электрокоагулятор для очистки металлсодержащих сточных вод по данным из табл.6.3.

Таблица 6.3

Исходные данные для расчетного задания

Вариант	Расход воды $Q \text{ м}^3/\text{сут}$	C , концентрация металла в СВ, мг/л	Металл
1	100	22	Хром
2	250	30	Цинк
3	300	35	Медь
4	400	32	Хром
5	550	60	Хром
6	600	55	Цинк
7	700	46	Медь
8	850	75	Цинк
9	90	72	Хром
10	100	45	Цинк
11	115	28	Медь
12	120	36	Медь
13	135	38	Хром
14	140	51	Цинк
15	150	20	Медь

7. Расчет метантенков

Метантенки применяются для анаэробного сбраживания осадков городских и производственных сточных вод с целью стабилизации осадка и получения метана.

Сбраживание осадка производится в термофильных (температура 53 °С) и мезофильных (температура 33 °С) условиях.

Выбор режима сбраживания следует проводить с учетом технико-экономического анализа полного цикла обработки осадка, санитарно-гигиенических и природоохранных требований.

При сбраживании осадка в метантенках поддерживаются следующие условия:

- pH 7,0-7,5
- содержание летучих жирных кислот 3,5-8 мг-экв/л
- содержание щелочей 70-76 мг-экв/л
- содержание азота аммонийных солей 600-800 мг/л

Объем массы осадка после сбраживания уменьшается на 2-3 %, однако при расчетах объем сброженного осадка считают равным объему свежего осадка, загружаемого в метантенк.

К установке следует применять типовые метантенки (табл.7.1).

Таблица 7. 1

Конструктивные размеры метантенков

Номер проекта	D, м	Полезный объем одного, V _ф , м ³	Высота, м		Строительный объем, м ³		
			верхнего конуса, Н _{вк}	цилиндрической части, Н _ц	нижнего конуса, Н _{нк}	здания обслуживания	газового киоска
902-227	12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
902-228	15	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
902-229	17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
902-230	20	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174

Максимальную дозу загрузки следует принимать в зависимости от влажности осадка по табл.7. 2.

Таблица 7. 2

Доза загружаемой в метантенк смеси

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемой в метантенк смеси ($D_{mt}, \%$) при влажности смеси ($W_{mud}, \%$) не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Влажность осадка, выгружаемого из метантенка, следует принимать в зависимости от соотношения загружаемых компонентов по сухому веществу с учетом распада беззольного вещества, определяемого по табл.7.3.

Таблица 7.3

Значение коэффициента K_p от влажности загружаемого осадка

Режим сбраживания	Значение коэффициента K_p от влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,4
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Распад беззольного вещества R_r , в зависимости от дозы загрузки следует определять по формуле:

$$R_r = R_{lim} - K_p \times D_\phi, \quad (7.1)$$

где R_{lim} – максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, %;

K_p – коэффициент, зависящий от влажности осадка, выбираемый по табл. 7.3;

D_ϕ - доза загружаемого осадка.

Максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка определяют по формуле:

$$R_{\text{lim}} = (0.92 \times C_{\text{fat}} + 0.62 \times C_{\text{gl}} + 0.34 C_{\text{prt}}) \times 100 \%, \quad (7.2)$$

где C_{fat} , C_{gl} , C_{prt} – соответственно содержание жиров, углеводов и белков (в граммах) на 1г. беззольного вещества осадка.

При отсутствии данных R_{lim} допускается принимать:

для сырого осадка (из первичных отстойников) – 53 %;

для избыточного ила – 44 %;

для смеси осадков – по среднеарифметическому соотношению смешиваемых компонентов по беззольному веществу.

При проектировании метантенков надлежит предусматривать:

- 1) мероприятия по взрывопожарной безопасности по ГОСТ 12.3.006.-75;
- 2) резервуары метантенков, рассчитанные на избыточное давление газа до 5 кПа;
- 3) количество метантенков (не менее 2 и все рабочие);
- 4) отношение D_{mt} к его высоте H_{mt} (от днища до основания газосборной горловины) не более 0,8-1;
- 5) расположение статического уровня осадка на 0,2-0,3 м выше уровня горловины, а верх на 1,0 -1,5 м выше динамического уровня осадка;
- 6) площадь газосборной горловины из условия пропуска 600-800 м³ газа в сутки на 1м² площади;
- 7) расположение открытых концов труб для отвода газа из газового колпака на высоте не менее 2 м от динамического уровня.

Расчет метантенка при термофильном и мезофильном сбраживании

1. Выбираем дозу загрузки d (%) по табл. 7.2.
2. Рассчитываем объем метантенка V_{mt} :

$$V_{mt} = \frac{Q_{oc} \times 100}{d}, \quad (7.3)$$

где Q_{oc} – количество осадка, м³/сут.;

3. По табл. 7.1 принимаем количество типовых метантенков n и выписываем их основные характеристики.
4. Рассчитываем фактическую дозу загрузки для выбранного типа метантенка:

$$D_{\phi} = \frac{V_{mt} \times d}{V_{\phi} \times n}, \%, \quad (7.4)$$

5. Рассчитываем R_{lim} по формуле (7.1).
6. Рассчитываем R_{Γ} по формуле (7.2).
7. Выход газа принимаем 1 г на 1 г распавшегося беззольного вещества осадка. Плотность газа $\rho = 1$ кг/м³
8. Рассчитываем удельный выход газа:

$$Y = \frac{R_{\Gamma}}{\rho \times 100}, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (7.5)$$

9. Рассчитываем количество загружаемого беззольного вещества:

$$P_{oc} = \frac{Q_{oc} \times K \times 1000 \times \gamma \times (100 - W_{mud.oc})}{100}, \text{ кг}, \quad (7.6)$$

где K – количество беззольного вещества в осадке, доли;

γ – плотность осадка, г/см³ Принимаем $\gamma = 1,02$ г/см³;

$W_{mud.oc}$ – влажность осадка, %.

10. Съем газа в сутки:

$$V_{\Gamma} = P_{oc} \times Y, \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (7.7)$$

11. Съем газа с 1 метатенка в сутки:

$$V'_Г = \frac{V_Г}{n}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (7.8)$$

12. Определение размеров горловины:

- Площадь живого сечения горловины:

$$S_{гор} = \frac{V'_Г}{Q_{гор}}, \text{ м}^2, \quad (7.9)$$

где $Q_{гор}$ – пропускная способность 1 м² горловины в м³/сут, принимают $Q_{гор} = 700 \text{ м}^3/\text{сут. на м}^2$.

- Диаметр горловины:

$$d_{гор} = \sqrt{\frac{4 \times S_{гор}}{\pi}}, \text{ м.} \quad (7.10)$$

13. Теплотехнический расчет:

- Расход тепла на обогрев свежего осадка:

$$G_{об} = (1 + K) \times Q_{ос} \times C_T (\tau_{сб} - \tau_{вх}) \times 1000, \text{ ккал/сут} \quad (7.11)$$

где K – коэффициент, учитывающий потери тепла через стенки, днище и перекрытия метантенков при $V_{MT} = 1000 \text{ м}^3$ $K=0,09$; при $V_{MT} \geq 1000 \text{ м}^3$ $K=0,1$;

C_T – теплоемкость осадка, $C_T = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$\tau_{сб}$ – температура в метантенке, $\tau_{сб} = 53$ или $33 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\tau_{вх}$ – температура поступающего осадка, $\tau_{вх} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Расход тепла на компенсацию теплопотерь от охлаждения всего объема, охлаждение за сутки принимается $1 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$G_{ох} = (V_\phi - Q_{ос}) \times 1000 \times 1, \text{ ккал/сут} \quad (7.12)$$

- Общее потребное количество тепла:

$$G_M = G_{об} + G_{ох}, \text{ ккал/сут.} \quad (7.13)$$

- Требуемая расчетная теплопроизводительность с учетом КПД котельной установки:

$$G_{расч} = \frac{G_M}{\eta}, \text{ ккал/сут}, \quad (7.14)$$

η – КПД котельной установки, $\eta = 0,7-0,8$.

- Расчетное необходимое количество пара при теплоотдаче 1кг пара 550 ккал:

$$G_{\Pi} = \frac{G_{расч}}{0.550}, \text{ т/сут}. \quad (7.15)$$

- Количество тепла, выделяемое при сжигании газа при теплотворной способности газа 5000 ккал/м³:

$$G_T = V_G \times 5000, \text{ ккал/сут} \quad (7.16)$$

14.Сравниваем G_T и $G_{расч}$ Делается вывод, способен ли метантенк обеспечить свои потребности в тепле.

15.Рассчитываем и выбираем газгольдер (табл. 7.4). Для регулирования и хранения газа следует предусматривать мокрые газгольдеры, емкость которых рассчитывается на 2- и 4-часовой выход газа, давление под колпаком 1,5-2,5 кПа.

Таблица 7.4

Основные данные газгольдеров

Номер Т.п.	Объем газгольдера, м ³	Внутренний диаметр, мм		Высота			Расход металла, т
		резервуара	колокола	газгольдера	резервуара	Колокола	
7-07-01/66	100	7400	6600	7450	3450	3400	14
7-07-02/66	300	9300	8500	12500	5920	6880	25
7-07-03/66	600	11480	10680	15400	7390	7610	41,4
707-2-5	1000	14500	13700	15400	7390	7610	53
707-2-6	3000	21050	20250	20100	9800	9900	126
707-2-7	6000	26900	26100	24200	11750	12050	192

Емкость газгольдера равна:

$$V_{\Gamma\Gamma} = \frac{V_{\Gamma} \times \tau}{24}, \text{ м}^3, \quad (7.17)$$

где τ – время выхода газа (2-4 часа).

Задание

Рассчитать метантенки для двух режимов сбраживания по данным в табл. 7.5. Результаты расчета представить в виде табл. 7.6 и в конце выбрать режим стабилизации осадка.

Таблица 7.5

Исходные данные для расчетного задания

Вариант	$Q_{oc}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$W_{mud}, \%$	$K, \%$	$C_{fat},$	$C_{gl},$	C_{prt}
1	500	93	68	0,35	0,34	0,15
2	600	94	68,2	0,32	0,38	0,13
3	700	95	70	0,3	0,4	0,11
4	800	96	70,5	0,2	0,45	0,09
5	900	97	72	0,22	0,47	0,07
6	550	93	72,6	0,35	0,34	0,15
7	650	94	74	0,32	0,38	0,13
8	750	95	74,5	0,3	0,4	0,11
9	850	96	68,2	0,2	0,45	0,09
10	950	97	70	0,22	0,47	0,07

Таблица 7.6

Форма записи результатов расчетов

Основные параметры	Термофильный режим	Мезофильный режим
Объем смеси осадков $Q_{см}, \text{ м}^3/\text{сут}$	800	800

8. Расчет аппаратов по обезвоживанию и уплотнению осадка

Осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод (сырой, избыточный активный ил и др.), должен подвергаться обработке, обеспечивающей возможность его утилизации или складирования. При этом необходимо учитывать народно-хозяйственную эффективность утилизации осадка и газа метана, организацию складирования не утилизируемых осадков и очистку сточных вод, образующихся при обработке осадка.

Выбор методов стабилизации, обезвоживания и обезвреживания осадка должен определяться местными условиями (климатическими, гидрогеологическими, градостроительными, агротехническими и пр.), его физико-химическими и теплофизическими характеристиками, способностью к водоотдаче.

При обосновании по рекомендациям специализированных научно-исследовательских организаций допускается совместная обработка обезвоженных осадков и твердых бытовых отходов на территории очистных сооружений канализации или мусороперерабатывающих заводов.

Надлежит предусматривать использование обработанных осадков городских и близких к ним по составу производственных сточных вод в качестве органоминеральных удобрений.

Уплотнители и сгустители осадка перед обезвоживанием или сбраживанием

Уплотнители и сгустители следует применять для повышения концентрации активного ила. Допускается подача в них иловой смеси из аэротенков, а также совместное уплотнение сырого осадка и избыточного активного ила.

Для этой цели допускается применение илоуплотнителей

гравитационного типа (радиальных, вертикальных, горизонтальных), флотаторов и сгустителей.

При проектировании радиальных и горизонтальных илоуплотнителей надлежит принимать:

- выпуск уплотненного осадка под гидростатическим напором не менее 1 м;
- илососы или илоскребы для удаления осадка;
- подачу иловой воды из уплотнителей в аэротенки;
- число илоуплотнителей не менее двух, причем оба рабочие.

Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей следует принимать по табл.8.1–8.2.

Варианты технологических схем расположения уплотнителей на станции очистки сточных вод с использованием аэротенков приведены на рис. 8.1.

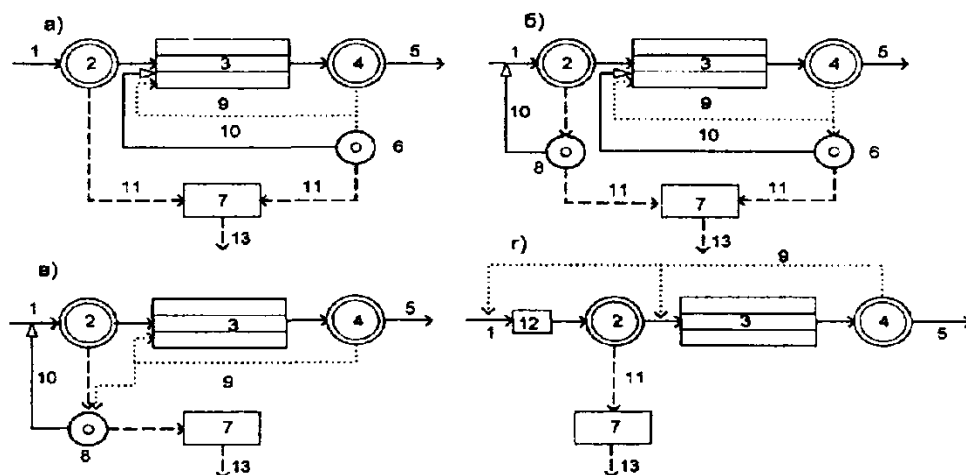


Рис.8.1. Варианты технологического расположения уплотнителей на схеме станции очистки сточных вод с использованием аэротенков:

1,5- подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 - первичный отстойник; 3 - аэротенк; 4 - вторичный отстойник; 6 - илоуплотнитель; 7 - блок обработки осадков; 8 - осадкоуплотнитель; 9 - активный ил; 10 - иловая вода; 11 - осадок; 12 - преаэратор; 13 - обработанный осадок

Таблица 8.1

Характеристики осадков станций очистки городских сточных вод

Вид осадка	Количество осадка на 1 чел в сут		Влажность, %	Зольность сухого вещества, %	Удельное сопротивление $\gamma \cdot 10^{-10}$, см/г
	по сухому веществу, г	по объему влажного осадка, л			
Отбросы с решеток (прозоры 16 мм)	4-6	0,02	70-80	7-8	-
Песок из песколовок	3	0,02	60	80-90	-
Сырой осадок первичных отстойников	25-40	0,5-0,8	93-95	15-30	50-500
Сброженный осадок первичных отстойников в мезофильных	30	0,4-0,7	93-96	28-40	350-1800
Сырой активный ил (уплотненный)	20-32	0,7-1,1	97	25-30	150-5000
Сброженный в мезофильных условиях активный ил	15-25	0,3-0,6	94-96	35-40	2300
Смесь осадка первичных отстойников и активного ила (уплотненного)	45-70	0,6-2,3	93-97	20-30	200-1200
То же, сброженный в мезофильных условиях	30-45	0,4-2,2	92-98	35-40	1200- 1600
То же, сброженный в термофильных условиях	30-45	0,75-1,5	96-97	40	1400-10000
Аэробно-стабилизированный активный ил (уплотненный)	15-25	0,3-0,6	97	30-35	4000-6000

Таблица 8.2

Показатели уплотнения в гравитационных уплотнителях

Вид уплотняемого ила	Влажность уплотненного ила, %		Продолжительность уплотнения, ч		Скорость движения жидкости в проточной части вертикального уплотнителя, мм/с
	тип уплотнителя				
	вертикаль- ный	радиальный	вертикаль- ный	радиальный	
Иловая смесь из аэротенков с концентрацией 1.5-3 кг/м ³	—	97.3	—	5-8	—
Активный ил из вторичных отстойников с концентрацией 4-6 кг/м ³	98	97,3	10-12	9-11	0,1
Активный ил из зоны отстаивания аэротенков- отстойников с концентрацией 4,5 - 6,5 кг/м ³	93	97	16	12-15	0,1
Смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	93-95	93-95	7-10	7-10	<0.3

Расчет количества образующихся осадков

1. Масса осадка, образующегося в первичном отстойнике , т/сут:

$$M_{\text{по}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot B \cdot \varepsilon}{10^6}, \quad (8.1)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточный расход сточных вод, м³/сут;

B – начальная концентрация взвешенных веществ, г/м³

ε – эффективность удаления взвешенных веществ в первичном отстойнике в долях единицы.

2. Объем первичного осадка, м³/сут:

$$W_{\text{по}} = \frac{100 \cdot M_{\text{по}}}{(100 - \omega) \cdot \rho}, \quad (8.2)$$

где ω – влажность неуплотненного первичного осадка, % ($\omega = 98\text{--}99\%$);

ρ – плотность осадка, т/м³ ($\rho = 1.3\text{--}1.5$ т/м³).

3. Масса осадка, образующегося при биологической очистке (избыточный активный ил), т/сут:

$$M_{\text{во}} = Q_{\text{сут}} \cdot 10^{-6} \cdot (0.8 \cdot B \cdot (1 - \Xi) + 0.3 \cdot \text{БПК}_5), \quad (8.3)$$

Объем избыточного ила ($W_{\text{во}}$) определяется по формуле (8.2.) Влажность неуплотненного ила принимается равной 99–99.5 %, плотность осадка 1.1 – 1.3 т/м³.

Расчет радиальных илоуплотнителей

1. Определение максимального часового притока осадка:

$$q_{\text{max}} = \frac{W_{\text{ос}}}{24}. \quad (8.4)$$

При использовании различных схем $W_{\text{ос}}$ может быть суммарной величиной объема первичного осадка и объема активного ила и может равняться либо только объему первичного осадка, либо только объему ила (схемы рис. 8.1)

2. Площадь поперечного сечения уплотнителя:

$$F = q_{\text{max}} / q_f, \quad (8.5)$$

где q_f – расчетная нагрузка на площадь зеркала уплотнителя м³/(м²·ч), $q_f = 0.3\text{--}0.5$ (большей влажности поступающего осадка отвечает большее значение q_f)

3. Высота рабочей зоны уплотнителя:

$$H = q_f \cdot \tau, \quad (8.6)$$

где τ – продолжительность уплотнения, ч (табл.8.2).

4. Общая высота уплотнителя:

$$H_{\text{общ}} = H + h + h_6, \quad (8.7)$$

h – высота зоны залегания ила (0.3–0.7 м);

h_6 – высота бортов над уровнем воды, 0.4–0.6 м.

5. Диаметр илоуплотнителя, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}. \quad (8.8)$$

Механическое обезвоживание применяют для снижения влажности осадков до величины, при которой обеспечиваются оптимальные условия транспортирования, утилизации или сушки и сжигания осадков. Для обезвоживания осадков применяются **вакуум-фильтры, фильтр-прессы, центрифуги или вибросита** обычно с предварительным **кондиционированием осадков.**

Кондиционирование улучшает водоотдающие свойства осадков, повышает производительность обезвоживающих аппаратов, снижает влажность обезвоженных осадков и увеличивает чистоту отделяемой воды. Кондиционирование может проводиться с помощью различных реагентов, путем тепловой обработки осадков, а также путем замораживания и оттаивания осадков.

Вакуум-фильтры. Для обезвоживания осадков используют вакуум-фильтры, с наружной фильтрующей поверхностью: барабанные типа БсхОу (со сходящим полотном), дисковые типа ДУ и ленточные типа ЛУ. Для обезвоживания осадков городских сточных вод применяются непрерывно действующие барабанные вакуум-фильтры, остальные нашли применение для обезвоживания осадков производственных сточных вод.

Производительность вакуум-фильтра кг/(м²·ч) по сухому веществу осадка определяют по формуле:

$$\Pi = 0,24 \frac{100 - P_k}{P_u - P_k} \sqrt{\frac{\rho m p (100 - P_u)}{\mu T R}}, \quad (8.9)$$

где P_k и P_u - влажность кека и исходного осадка, %;

ρ - плотность исходного осадка, т/м³;

m - доля времени действия вакуума от общего цикла работы фильтра, %

p - рабочий вакуум, Па;

μ - вязкость фильтрата, Па·с;

T - период вращения барабана, мин.;

R - удельное сопротивление фильтрации г·10⁻¹⁰, см/г. Если удельное сопротивление не известно, то производительность вакуум-фильтров, фильтр-прессов и влажность кека при обезвоживании осадков городских сточных вод следует принимать по табл. 8.1.

Основные технические характеристики барабанных вакуум-фильтров приведены в табл. 8.3, 8.4.

Фильтр-прессы рекомендуется применять в схемах, где конечной стадией обработки являются сушка, сжигание или утилизация, при которых требуется получение осадков с возможно низкой влажностью. По принципу действия фильтр-прессы бывают периодического и непрерывного действия. К первому типу относятся раздвижные рамные фильтр-прессы (рис. 8.2), ко второму типу – ленточные фильтр-прессы. Основные параметры работы фильтр-прессов приведены в табл. 8.3, техническая характеристика – в табл. 8.5.

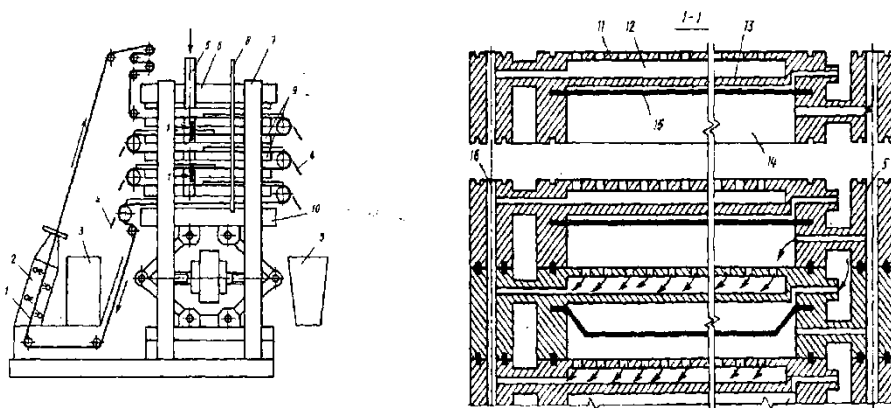


Рис. 8.3. Фильтр-пресс типа ФПКМ (в момент выгрузки обезвоженного осадка):
 1 – фильтровальная лента; 2– камера регенерации фильтровальной ленты; 3– бункер; 4 – нож для съема осадка; 5 – подающий коллектор; 6 – верхняя опорная плита; 7– направляющие; 8 –коллектор для подачи воды на диафрагму; 9 – средние фильтровальные плиты; 10 – нижняя нажимная плита; 11 – перфорированная перегородка; 12 – поддон; 13 – глухая горизонтальная перегородка; 14 – нижняя открытая часть; 15 – диафрагма; 16 – коллектор для отвода фильтрата.

Таблица 8.3

Основные параметры работы вакуум-фильтров и фильтр-прессов

Характеристика обрабатываемого осадка	Производительность, кг сухого вещества осадка на 1 м ² поверхности фильтра в 1 ч		Влажность кека, %	
	вакуум-фильтров (ВФ)	фильтр-прессов (ФП)	ВФ	ФП
Сброженный осадок из первичных отстойников	25-35	12-17	75-77	60-65
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила аэробно стабилизированный активный ил	20-25	10-16	78-80	62-68
Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	17-22	7-13	78-80	62-70
Сырой осадок из первичных отстойников	30-40	12-16	72-75	55-60
Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотненного активного ила	20-30	5-12	75-80	62-75
Уплотненный активный ил станций аэрации населенных пунктов	8-12	2-7	85-87	80-83

Таблица 8.4

Техническая характеристика вакуум-фильтров

Показатели	Марка фильтра			
	БсхОУ-5-1,75	БсхОУ- 10-2,6	БсхОУ-20-2,6*	БсхОУ-40-3,4
Площадь поверхности фильтрования, м	5	1.0	20	40
Диаметр барабана, мм	1750	2600	2600	3400
Длина барабана, мм	1000	1330	2700	3800
Частота вращения барабана, мин	0,108.. .2,05	0,13.. .1,5	0,13.. .2	0,1. ..1,45
Мощность электродвигателя привода барабана, кВт	1.1	1,7	3	5,5
Габаритные размеры, мм	2600x2960x2540	3165x4100x3052	4750x3230x3830	6300x5115x3725
Масса, кг	4990	7600	14432	17432

Фильтр БсхОУ-20-2,6 намечен к производству (размеры даны для фильтра БОУ-20-2,6).

Таблица 8.5

Техническая характеристика фильтр-прессов

Марки прессов	Показатели			
	площадь поверхности фильтрования, м ²	рабочее давление, МПа	ширина фильтрующей ткани, мм	габаритные размеры, мм
Рамные (камерные)				
ФПАКМ-2.5У	2,5	1,2	700... 750	2660x1760x2750
ФПАКМ-5У	5	1.2	845... 920	3375x2000x2780
ФПАКМ-10У	10	1.2	845.. .920	3375x2000x3525
ФПАКМ-25У	25	1,2	1100.. .1200	3780x2150x4240
ФПАКМ-50У	50	1.2	1450	5000x2930x5500
ФПАВ-100	100	1	1600	9500x3000x3400
ФПАВ-300	300	0,8	1600	1430x3000x4200
Ленточные Лпр-10-1,2Р-001		0,4	1500	

Производительность ленточных фильтр-прессов при использовании катионного флокулянта в количестве 4 кг/т сухого вещества осадка достигает 12м /ч по обезвоживаемому осадку. Влажность исходного осадка (смесь сырого осадка и активного ила) 96,5 %, кека 78 %.

Определение количества реагента для кондиционирования осадка

Реагентная обработка осадка может производиться солями железа, алюминия и известью, которые вводятся в осадок в виде 10 %-ных растворов. Однако, введение этих реагентов увеличивает зольность осадка что приводит к неполному его сгоранию при последующем сжигании. В последнее время наиболее перспективным стало использование различных катионных флокулянтов. Несмотря на их более высокую стоимость в целом, расходы на обезвоживания осадка становятся меньше.

1. Суточную потребность в флокулянте (кг/сут) можно определить по формуле:

$$m_f = M_{oc} \cdot D_f, \quad (8.10)$$

где M_{oc} – масса абсолютно сухого вещества осадка, поступающего на обезвоживание, т/сут;

D_f – доза флокулянта, кг/т (дозы различных флокулянтов составляют 4 – 10 кг/т).

2. Определение количества типовых фильтр-прессов:

$$N = \frac{1000 \cdot M_{oc}}{W \cdot F \cdot T}, \quad (8.11)$$

где W – производительность фильтр-пресса, кг/(м²·ч);

F – площадь поверхности фильтрования, м²;

T – время работы фильтра в сутки, ч.

Библиографический список

- Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
- Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
- Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод. - М.: Стройиздат, 1990.
- Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2003.-152 с.
- Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. - М.: АСВ, 2004. - 704 с.
- Амбросова Г.Т., Цветкова О.П., Ксенофонтов О.В. и др. Очистные сооружения канализации. Ч. 5. Расчет нитрификатора - денитрификатора: методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ Новосибирск: НГАСУ, 2005. - 33 с.
- Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1981. - 639 с.
- Справочник монтажника. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. - М.: Стройиздат, 1979. - 430 с.
- Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. - М.: Стройиздат, 1977. - 299 с.
- Балыгин В.В., Крыжановский А.Н., Похил Ю.Н. Насосы. каталог-справочник. – Новосибирск: НГАСУ, 2000. - 116 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Характеристики промывки фильтров

Фильтры и их загрузка	Интенсивность промывки, л/с·м ²	Продолжительность промывки, мин	Величина относительного расширения загрузки, %
Скорые с однослойной загрузкой диаметром D, мм: 0,7-0,8 0,8-1 1-1,2	12-14 14-16 16-18	6-5	45 30 25
Скорые с двухслойной загрузкой	14-16	7-6	50
Примечания. 1. Большим значениям интенсивности промывки соответствуют меньшие значения продолжительности. 2. При неподвижном устройстве для верхней промывки интенсивность ее следует принимать 3-4 л/с·м², напор 30-40 м. Продолжительность промывки 5-8 мин, из них 2-3 мин до проведения нижней промывки. Распределительные трубы следует располагать на расстоянии 60-80 мм от поверхности загрузки через каждые 700-1000 мм. Расстояние между отверстиями в распределительных трубах или между насадками необходимо принимать 80-100 мм. При вращающемся устройстве интенсивность промывки следует принимать 0,5-0,75 л/с·м², напор 40-45 м.			

Таблица 2

Константы для биологической очистки

Сточные воды	$\rho_{\max}$, мг	K_l - , мг	K_o - ,	φ ,	S
	БПК	БПК	мгО /л	л/г	
	полн/	полн/л	2		
	(г х ч)				
Городские	85	33	0,625	0,07	0,3
Производственные:					
а) нефтеперерабаты- вающих заводов:					
I система	33	3	1,81	0,17	-
II "	59	24	1,66	0,158	-
б) азотной промыш- ленности	140	6	2,4	1,11	-
в) заводов синте- тического каучука	80	30	0,6	0,06	0,15
г) целлюлозно- бумажной промыш- ленности:					
сульфатно-целлюлоз- ное производство	650	100	1,5	2	0,16
сульфитно-целлюлоз- ное "	700	90	1,6	2	0,17
д) заводов искус- ственного волокна (вискозы)	90	35	0,7	0,27	-
е) фабрик первичной обработки шерсти:					
I ступень	32	156	-	0,23	-
II "	6	33	-	0,2	-
ж) дрожжевых заво- дов	232	90	1,66	0,16	0,35
з) заводов органи- ческого синтеза	83	200	1,7	0,27	-
и) микробиологичес- кой промышленности:					
производство лизина	280	28	1,67	0,17	0,15
" биовита и витами- цина	1720	167	1,5	0,98	0,12
к) свинооткормочных комплексов:					
I ступень	454	55	1,65	0,176	0,25
II "	15	72	1,68	0,171	0,3
Примечание. Для других производств указанные параметры следует принимать по данным научно-исследовательских организаций.					

Таблица растворимости кислорода воздуха в дистиллированной воде при давлении 760 мм рт.ст.

Температура воды, °С	Растворенный кислород, мг/л	Темпера воды, °С	Растворенный кислород, мг/л
0	14,65	16	9,82
1	14,25	17	9,61
2	13,86	18	9,4
3	13,49	19	9,21
4	13,13	20	9,02
5	12,79	21	8,84
6	12,46	22	8,67
7	12,14	23	8,5
8	11,84	24	8,33
9	11,55	25	8,18
10	11,27	26	8,02
11	11	27	7,87
12	10,75	28	7,72
13	10,5	29	7,58
14	10,26	30	7,44
15	10,03		

Оглавление

1. Расчет фильтра-нейтрализатора.....	3
2. Расчет фильтров с зернистой загрузкой.....	7
3. Расчет нефтеловушек с тонкослойными блоками.....	17
4. Расчет сооружений для ионообменной очистки воды.....	22
5. Расчет процесса нитрификации-денитрификации.....	31
6. Расчет электрокоагулятора со стальными электродами.....	43
7. Расчет метантенков.....	50
8. Расчет аппаратов по обезвоживанию и уплотнению осадка.....	57
Библиографический список	67
Приложения.	68