

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”**

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

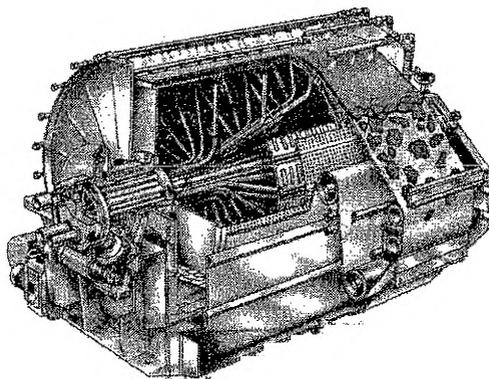
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практических занятий по дисциплине

**“Оборудование сооружений по очистке
природных и сточных вод”**

для студентов специальности 1 - 70 04 03

**“Водоснабжение, водоотведение и охрана
водных ресурсов”**



Брест 2010

УДК 628.1

Методические указания подготовлены для студентов специальности 1 - 70 04 03 "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов", изучающих курс "Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод".

Настоящие указания содержат общие сведения о расчете и подборе оборудования для реагентного хозяйства коагулянта, флокулянта и иввести, для обеззараживания воды, приведен расчет и подбор сороудерживающих сеток, гидроэлеваторов и эрлифтов, а также оборудования для сооружений биологической очистки сточных вод и для механического обезвоживания и сушки осадков сточных вод.

Составители: Т.И. Акулич, старший преподаватель
Л.Н. Власюк, ассистент

Рецензент: заместитель директора ГП "Брестводоканал" В.А. Вавринюк

ВВЕДЕНИЕ

Основным средством, с помощью которого осуществляются все технологические процессы, происходящие в сооружениях водоснабжения и водоотведения, является механическое оборудование, поэтому от его технического уровня зависит общий уровень и экономичность работы систем водоснабжения и водоотведения.

Настоящие методические указания посвящены вопросам расчета и подбора оборудования сооружений водоснабжения, водоотведения, реагентных хозяйств и оборудования для обеззараживания воды и предназначены для студентов специальности 1-70 04 03 "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов".

Методические указания рекомендованы к использованию при проведении практических занятий по дисциплине "Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод".

Методические указания содержат общие сведения о расчете и подборе оборудования для реагентного хозяйства коагулянта, флокулянта и извести, для обеззараживания воды, приведен расчет и подбор сорудерживающих сеток, гидрозлеваторов и эрлифтов, а также оборудования для сооружений биологической очистки сточных вод и для механического обезвоживания и сушки осадков сточных вод.

Методические указания могут быть использованы при выполнении дипломных проектов студентами специальности 1-70 04 03 "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов".

1. УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ АРМАТУРЫ НА ЧЕРТЕЖАХ И В ДОКУМЕНТАХ. ВЫБОР ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Обозначение условное и графическое трубопроводной арматуры выполняется по ГОСТ 21.205-93. Графические обозначения трубопроводной арматуры и элементов трубопроводов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Графическое обозначение

Наименование		Графическое обозначение
Клапан (вентиль) запорный:	проходной	
	угловой	
	трехходовой	
Клапан обратный	прямой	
	угловой	
Клапан (вентиль) регулирующий:	проходной	
	угловой	
Клапан предохранительный:	проходной	
	угловой	
Задвижка		
Кран	проходной	
	угловой	
	трехходовой	
Смеситель	общее обозначение	
	с душевой сеткой	
Вставка амортизационная		

Условное цифро-буквенное обозначение арматуры.

В каталогах на арматуру, в номенклатуре заводов-изготовителей и прейскурантах применяют определенную систему условных обозначений, содержащую 5 цифро-буквенных обозначений, расположенных последовательно.

1. Тип арматуры (состоит из двух цифр).
2. Материал, из которого изготовлен корпус (буквы).
3. Вид привода (если отличается от ручного).
4. Номер модели по каталогу (одна или две цифры – номер модели, а при наличии трех цифр: первая – вид привода, а две последующие – номер модели).
5. Материал уплотнительных поверхностей или способ нанесения внутреннего покрытия корпуса арматуры.

Расшифровка цифро-буквенных обозначений представлена в таблице 1.2.

Задача №1.1

По приведенному цифро-буквенному обозначению арматуры написать характеристики арматуры: **16кч11р, 30с564нж, 30ч906бр, 15с916нж, 32ч910р, 30ч715бр, 19ч16р**

Для облегчения распознавания отдельных характеристик арматуры принята условная окраска:

- 1) материал корпуса: сталь углеродистая – серый;
легированная – синий;
коррозионно-стойкая – голубой;
чугун серый и ковкий – черный;

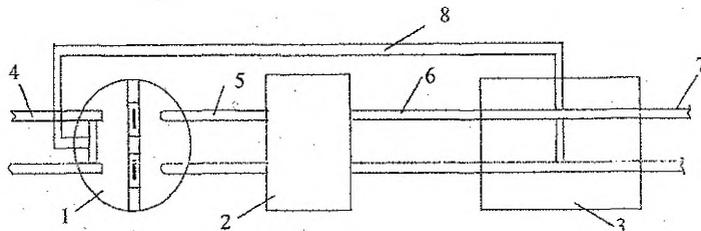
арматура из цветных металлов и пластмасс – не окрашивается.

- 2) материал уплотнительных поверхностей запорных органов (наносится на маховики, рукоятки, колпаки, рычаги):

- бронза, латунь – красный;
- нержавеющая сталь – голубой;
- баббит – желтый;
- резина – коричневый;
- эбонит – зеленый.

Задача №1.2.

Назначить и начертить необходимую арматуру для правильного функционирования руслового водозабора из поверхностного источника и камеры переключений для обеспечения следующих режимов работы: работа в две линии и в одну линию (вторая на промывке) и промывки каждой линии в отдельности



- 1 – береговой колодец; 2 – насосная станция 1 подъема; 3 – камера переключений;
4 – самотечный трубопровод; 5 – всасывающий трубопровод;
6 – напорный трубопровод; 7 – подача потребителю; 8 – обводная напорная линия для промывки самотечной линии.

Рис. 1.1 – Русловой водозабор

Таблица 1.2 – Циферно-буквенные обозначения арматуры

Тип арматуры		Материал корпуса		Вид привода		Материал уплотнительных поверхностей		Способ нанесения внутреннего покрытия корпуса	
1		2		3		4		5	
10	Кран пробно - спусковой	Сталь:		Механический с передачей:		бр	Бронза, латунь	гм	Гуммирование
11	Кран для трубопровода	с	- углеродистая	3	- червячной	мн	Монель-металл	эм	Эмалирование
12	Запорное устройство указателя уровня	лс	- легированная	4	- цилиндрической	Сталь:		св	Свинцевание
13, 14, 15	Клапан запорно-регулирующий (вентиль)	нжк	- коррозионно-стойкая	5	- конической	нт	- нитрированная	Футерование:	
16	Клапан обратный подъемный	Чугун:		6	Пневматический	нжк	- коррозионно-стойкая	п	- пластмассой
17	Клапан предохранительный	ч	- серый	7	Гидравлический	бт	Баббит	н	- наиритом
19	Клапан обратный поворотный	кч	- ковкий	8	Электромангнитный	ст	Стеллит		
21	Регулятор давления	бр	Бронза, латунь	9	Электрический	э	Эбонит		
22	Клапан запорный	а	Алюминий			р	Резина		
25	Клапан регулирующий	вп	Поливинилхлорид			к	Кожа		
27	Клапан смесительный	п	Пластмассы			вп	Поливинилхлорид		
30, 31	Задвижка	к	Фарфор (керамика)			фт	Фторопласт		
32	Затвор	тн	Титан			БК	Без уплотнительных колец		
		ск	Стекло						

Пример: **15кч877бр** - вентиль магнитный с электромагнитным приводом модели 77 корпус из ковкого чугуна и с уплотнительным кольцом из бронзы

2. РАСЧЕТ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ РЕАГЕНТОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ СКЛАДОВ РЕАГЕНТОВ

Реагентные хозяйства представляют собой сложный комплекс помещений, различного оборудования и устройств, предназначенных для приема, разгрузки, складирования и приготовления растворов, дозирования и ввода в обрабатываемую среду различных реагентов нужной концентрации и объема.

2.1. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства коагулянта

2.1.1. Технические продукты, используемые в качестве коагулянтов

1. Алюминий сернокислый технический неочищенный (сульфат алюминия) ГОСТ 5155-74 – глинозем сернокислый $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O + mSiO_2$. В товарном продукте содержится не менее 35,5% чистого безводного $Al_2(SO_4)_3$.

2. Алюминий сернокислый технический очищенный (сульфат алюминия, гидрат) ГОСТ 12966-75 – $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. В товарном продукте содержится не менее 40% чистого безводного $Al_2(SO_4)_3$.

3. Купорос железный (сульфат железа(II), гидрат) ГОСТ 6981-75 – $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. В товарном продукте содержится не менее 47 или 52% чистого безводного $FeSO_4$.

4. Коагулянт железный (сульфат железа (III)) ВТУ МХП 3876-53 – $Fe_2(SO_4)_3$. В товарном продукте содержится не менее 40% чистого безводного $Fe_2(SO_4)_3$.

5. Железо хлорное (хлорид железа (III)) ГОСТ 11159-65 – $FeCl_3$. В товарном продукте содержится не менее 95 – 97,3% чистого $FeCl_3$.

2.1.2. Определение дозы коагулянта

В водоподготовке для осветления и обесцвечивания природных вод расчетные дозы реагентов следует устанавливать для различных периодов года в зависимости от качества исходной воды.

Доза коагулянта, D_k , мг/л, в расчете на $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$ (по безводному продукту) определяется:

– по цветности (L):

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{L}, \text{ мг/л}; \quad (2.1)$$

– по мутности исходной воды (табл. 16 [1]).

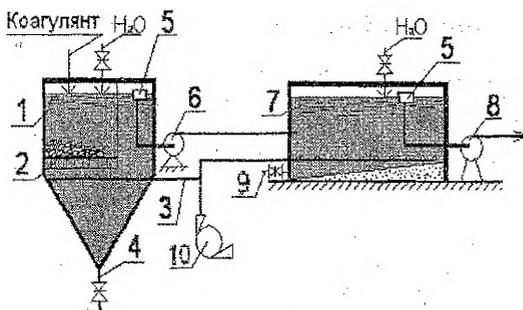
К расчету принимается большая из доз коагулянта, определенная по формуле (2.1) и табл. 16 [1].

Расчет количества коагулянта, требуемого для механического обезвреживания осадка, приведен в п. 9.1 данных методических указаний.

2.1.3. Технологические схемы

В современной технологии наиболее часто применяются две основные схемы приготовления коагулянта: схема с "сухим" хранением реагента и схема с "мокрым" хранением реагента.

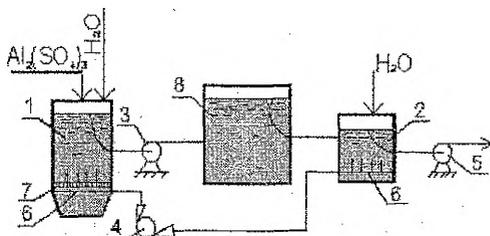
Схема с "сухим" хранением реагента представлена на рисунке 2.1.



1 - растворный бак; 2 - коалесцирующая решетка; 3 - подвод сжатого воздуха; 4 - выпуск осадка; 5 - поплавковое устройство для забора раствора коагулянта; 6 - перекачивающий насос; 7 - расходный бак; 8 - дозирующее устройство (насос-дозатор); 9 - сбросной трубопровод; 10 - воздуходувка

Рис. 2.1 – Схема приготовления раствора коагулянта с "сухим" хранением реагента

Схема с "мокрым" хранением коагулянта представлена на рисунке 2.2.



1 - растворный бак; 2 - расходный бак; 3 - насос перекачки коагулянта в бак-хранилище; 4 - воздуходувка; 5 - дозирующее устройство (насос-дозатор); 6 - дырчатый трубопровод для подачи воздуха; 7 - коалесцирующая решетка; 8 - бак-хранилище

Рис. 2.2 – Схема приготовления раствора коагулянта с "мокрым" хранением реагента

В схеме с "мокрым" хранением коагулянта допускается устраивать растворо-хранилищные баки, что позволяет уменьшить количество емкостей и оборудования, сократить длину трубопроводов и затраты на электроэнергию.

2.1.4. Определение емкостей растворных, расходных баков и баков-хранилищ

Емкости растворных, расходных баков раствора коагулянта при принятой схеме сухого хранения определяются в следующей последовательности:

1. Емкость растворного бака W_p , м³, определяется по формуле:

а) для станций водоподготовки:

$$W_p = \frac{Q_{\text{вс}} \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

б) при механическом обезвоживании осадков:

$$W_p = \frac{P_r \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.3)$$

где $Q_{\text{вс}}$ – полный расход воды, с учетом расхода воды на собственные нужды, м³/час;

D_k – доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, г/м³;

b_p – концентрация раствора в растворном баке, %, согласно [1] следует принимать: до 17% - для неочищенного, до 20% - для очищенного кускового, до 24% - для очищенного гранулированного;

γ – объемный вес коагулянта, т/м³, принимается в зависимости от концентрации раствора по таблице 2.1;

n – число часов работы станции, на которое заготавливается раствор коагулянта от одного затворения, ч, для станций производительностью до 10000 м³/сут принимают при круглосуточной работе $n = 12 - 24$ ч (при некруглосуточной работе станции n равно числу часов работы станции в течение суток); для станций производительностью от 10000 до 50000 м³/сут. $n = 8 - 12$ ч; более 50000 м³/сут. – $n = 6 - 8$ ч; для станций производительностью более 100000 м³/сут. можно предусматривать непрерывную заготовку раствора коагулянта, принимая $n = 3$ ч.

P_m – расход хлорного железа по товарному продукту, т/сут., определяемое по формуле (9.2)

Таблица 2.1 – Удельные веса водных растворов коагулянтов в зависимости от процентного содержания

Вещество	Т, °С	Удельный вес, т/м ³ , при концентрации, % по массе							
		1	2	4	6	8	10	20	30
Al ₂ (SO ₄) ₃	15	1,017	1,027	1,047	1,067	1,087	1,1071	-	-
Al ₂ (SO ₄) ₃	19	1,009	1,019	1,040	1,060	1,083	1,105	1,226	1,333 (28%)
FeCl ₃	20	1,007	1,015	1,032	1,049	1,067	1,085	1,182	1,291
Fe ₂ (SO ₄) ₃	17,5	1,007	1,016	1,033	1,050	1,067	1,084	1,181	1,307
FeSO ₄	18	1,008	1,018	1,037	1,057	1,078	1,100	1,213	-

Количество баков должно быть не менее трех. Размеры баков принимаются конструктивно, при этом дно растворных баков следует устраивать в виде съемной колосниковой решетки с прозорами 10 – 15 мм. Растворные баки в нижней части следует проектировать с наклонными стенками под углом 45° к горизонтали для неочищенного коагулянта и 15° для очищенного коагулянта. Для опорожнения баков и сброса осадка предусматривается трубопровод диаметром более 150 мм.

2. Емкость расходных баков:

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (2.4)$$

где b – концентрация раствора в расходном баке, %, для станций водоподготовки следует принимать до 12% [1]; при механическом обезвоживании осадка следует принимать 10% [5].

Количество баков должно быть не менее двух. Размеры принимаются конструктивно, при этом днище расходных баков следует предусмотреть с уклоном более 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром более 100 мм.

Емкость баков-хранилищ при схеме "мокрого" хранения коагулянта определяется в следующей последовательности:

а) для станций водоподготовки:

1. Определяется расход товарного продукта (коагулянта), P , т, из условия его хранения в баках-хранилищах в течение определенного количества суток - T (исходя из условий поставки и производительности станции T принимается 10 - 30 суток)

$$P = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_k \cdot 100 \cdot T}{1000 \cdot 1000 \cdot C}, \text{ т}, \quad (2.5)$$

где C – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта, %.

2. Определяется объем концентрированного раствора, получаемого при растворении расчетного количества коагулянта:

$$W = \frac{P \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

где γ – удельный вес раствора коагулянта концентрацией b_p , т/м³, принимается по таблице 2.1;

3. Принимается расчетное количество баков-хранилищ N (должно быть не менее 4-х, на 10 баков предусматривается 1 резервный) и определяется объем одного бака:

$$W_1 = \frac{W}{N}, \text{ м}^3, \quad (2.7)$$

б) при механическом обезвоживании осадков:

1. Определяется общий объем баков-хранилищ:

$$W_{6/хр} = W_p \cdot T, \text{ м}^3, \quad (2.8)$$

где T – время хранения раствора реагента, сут., исходя из условий поставки и производительности очистных сооружений принимается 15 – 20 суток.

2. Принимается расчетное количество баков-хранилищ N (должно быть не менее 4-х, на 10 баков предусматривается 1 резервный) и определяется объем одного бака:

$$W_1 = \frac{W_{6/хр}}{N}, \text{ м}^3, \quad (2.9)$$

Размеры баков-хранилищ назначаются конструктивно. Днище баков-хранилищ следует предусмотреть с уклоном более 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром более 100 мм.

Стенки и дно железобетонных баков для растворов реагентов обкладывают кислотоупорным кирпичом или покрывают кислотостойкой плиткой на кислотостойкой замазке.

2.1.5. Интенсификация процессов растворения и перемешивания раствора коагулянта.

Интенсификация процессов растворения коагулянта и перемешивания раствора в растворных и расходных баках предусматривается путем барботированием сжатым воздухом или перемешиванием раствора в растворном баке с помощью мешалки.

Расчет и подбор оборудования для подачи сжатого воздуха приведен в пункте 4 данных методических указаний. Для перемешивания раствора механическим способом применяют аппараты с перемешивающими устройством, технические характеристики которых представлены в табл. 2.4, а также в табл. 5.1 и 5.2 [2] и в табл. III.6 и III.7 [3].

Следует отметить, что способ перемешивания раствора коагулянта сжатым воздухом по сравнению со способом перемешивания механическими мешалками обладает преимуществом ввиду его большей простоты.

Задача №2.1. Определить емкости растворного и расходного баков при схеме «сухого» хранения коагулянта неочищенного сернистого алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Расчетный расход воды $Q_{сут.} = 20000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, мутность воды 500 мг/л, цветность 30 градусов.

Задача №2.2. Определить емкости растворного, расходного баков и баков-хранилищ при «мокром» хранения неочищенного сернистого алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Расчетный расход воды $Q_{сут.} = 85000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, мутность воды 900 мг/л, цветность 40 градусов.

2.2. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства для подщелачивания воды

2.2.1. Технические продукты, используемые в качестве реагента для подщелачивания воды.

В качестве подщелачивающих реагентов используют известь или кальцинированную соду. На станциях водоподготовки хоз.-питьевой воды и на очистных сооружениях водоотведения для обработки осадков используется гашеная и негашеная воздушная известь (гидроксид и оксид кальция) ГОСТ 9179-70.

Качество товарного продукта представлено в таблице 2.2.

2.2.2. Определение дозы реагента

Дозу подщелачивающего реагента, $D_{щ}$, мг/л, необходимого для улучшения процесса хлопьеобразования, надлежит определять по формуле:

$$D_{щ} = K_{щ} \left(\frac{D_k}{e_k} - Щ_0 + 1 \right), \text{ мг / л,} \quad (2.10)$$

где D_k – максимальная, в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/л;

e_k – эквивалентная масса коагулянта (безводного), мг/мг-экв, принимаемая для $Al_2(SO_4)_3$ - 57, $FeCl_3$ - 54, $Fe_2(SO_4)_3$ - 67;

$K_{щ}$ – коэффициент, принимаемый для извести (по CaO) -28, для соды (по Na_2CO_3) - 53;

$Щ_0$ – минимальная щелочность воды, мг-экв/л.

Если $D_{щ} < 0$, то подщелачивания воды не требуется.

Расчет количества извести, требуемого для механического обезвоживания осадка, приведен в п. 9.1 данных методических указаний.

Таблица 2.2 – Качество товарного продукта извести кальциевой

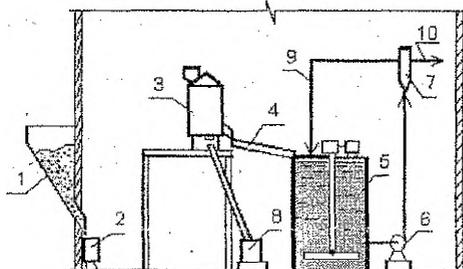
Известь кальциевая	Содержание активных CaO и MgO, %, не менее	Известь кальциевая	Содержание активных CaO и MgO, %, не менее
Негашеная комовая (кипелка) и негашеная молотая	I сорт II сорт III сорт	Гашеная гидратная (лушонка)	
		I сорт	67
		II сорт	60
		Теста известковое	
		I сорт	67
		II сорт	60
III сорт	50		

2.2.3. Технологические схемы

Выбор технологической схемы известкового хозяйства станции водоподготовки надлежит производить с учетом качества и вида заводского продукта, способа ее доставки, потребности в извести, требований к качеству известкового молока и т.д.

В современной технологии могут применяться схемы с "сухим" хранением извести, когда на станцию доставляется комовая или молотая известь, и схемы с "мокрым" хранением извести при доставке извести в виде известкового теста или молока.

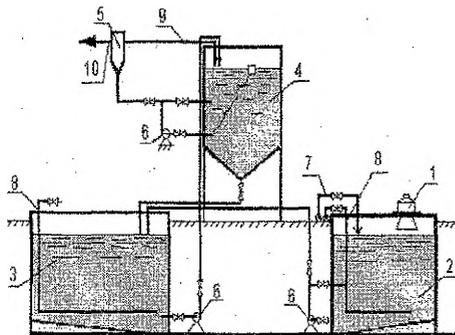
Схема известкового хозяйства с бункерным складом комовой извести представлена на рисунке 2.3. Данная схема применяется при расходе извести до 400 кг/сут.



- 1 - бункер; 2 - контейнер; 3 - известкесилка; 4 - сливной желоб; 5 - бак для известкового молока; 6 - насос; 7 - дозатор; 8 - контейнер для сбора отходов; 9 - перелив с дозатора; 10 - трубопровод для подачи отдозированного известкового молока

Рис.2.3 – Схема известкового хозяйства с использованием комовой извести при сухом хранении

Схема реагентного хозяйства со складом привозного известкового теста представлена на рисунке 2.4. Производительность данного реагентного хозяйства до 10 т извести в сутки.



- 1 - контейнер для 50%-ного известкового теста; 2 - бак для приготовления 30%-ного известкового молока; 3 - бак-хранилище 30%-ного известкового молока; 4 - циркуляционная мешалка для 5%-ного известкового молока; 5 - дозатор; 6 - насосы; 7 - водопровод; 8 - воздухопровод от воздуходувки; 9 - перелив с дозатора; 10 - трубопровод для подачи отдозированного известкового молока

Рис. 2.4 – Схема известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста

2.2.4. Расчет и подбор оборудования для приготовления раствора извести

Расчет схемы известкового хозяйства с использованием комовой извести при сухом хранении.

1. Суточный расход извести (в пересчете на CaO)

$$G_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{и}}}{1000 \cdot 1000}, \text{ т/сут.} \quad (2.11)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – расчетный расход воды, м³/сут.;

$D_{\text{и}}$ – доза извести, мг/л.

2. Суточный расход товарной извести

$$G_{\text{сут}}^{\text{тов}} = \frac{G_{\text{сут}} \cdot 100}{C}, \text{ т/сут.}, \quad (2.12)$$

где C – содержание чистого реагента в товарном продукте, %.

Определение суточного расхода товарной извести, P_m , т/сут, необходимого для механического обезвоживания осадка, производится по формуле (9.2).

3. Для гашения и измельчения извести, а также получения известкового молока по полученному расходу извести подбирается аппарат для гашения извести (различных видов известегасилки и мельницы). Технические характеристики данных аппаратов представлены в табл. 2.3 и в гл. 12 [3] и в гл. XIII [2]. Для непрерывной и равномерной подачи кускового материала из бункеров в перерабатывающие его аппараты следует подобрать питатель. Технические характеристики различных типов питателей представлены в табл. 5.8 [2].

Таблица 2.3 – Технические характеристики аппаратов известкового хозяйства

Марка аппарата	Производительность, т/ч	Мощность электродвигателя, кВт	Размеры, мм			Масса, т
			длина	ширина	высота	
Известегасилка С-322	1	2,8	1770	1750	1540	0,75
Известегасилка СМ-1247	2-3	2,2	2800	996	1560	0,72
Шаровая мельница СМ-432	0,5-1,9	20	5088	1800	1700	6,2
Стержневая мельница СМ-435	1,0-2,4	20	4925	1820	1700	6,5

4. Объем бака для приготовления 5%-ного известкового молока

$$W^{5\%} = \frac{G_{\text{сут}} \cdot n \cdot 100}{24 \cdot b_{\text{и}} \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (2.13)$$

где n – время, на которое заготавливают известковое молоко, принимается равным 6 -12 ч;

$b_{\text{и}}$ – концентрация известкового молока, %, принимается 5%;

γ – объемный вес известкового молока, принимается в зависимости от концентрации раствора по таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Объемный вес известкового молока при 20°C

Концентрация раствора, %	1	3	5	8	10	12	16	20	25	30
Объемный вес, т/м ³	1,000	1,025	1,039	1,061	1,075	1,090	1,119	1,148	1,184	1,220

Количество баков принимается не менее двух, размеры баков задаются произвольно. На данном этапе следует произвести выбор перемешивающего устройства (смотри пункт 2.2.5 данных методических указаний).

Расчет схемы известкового хозяйства с использованием известкового теста при мокром хранении.

1. Объем бака для приготовления 30%-ного известкового молока:

а) для станций водоподготовки:

$$W^{30\%} = \frac{Q_{\text{вас}} \cdot D_u \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3, \quad (2.14)$$

б) при механическом обезвоживании осадков:

$$W^{30\%} = \frac{P_r \cdot 100}{b_b \cdot \gamma_k}, \text{ м}^3, \quad (2.15)$$

где $Q_{\text{вас}}$ – расчетный расход воды, м³/час;

D_u – доза извести, мг/л;

n – время, ч, на которое заготавливают известковое молоко, принимается равным 6–12 ч;

b_u – концентрация известкового молока, %, принимается 30%;

γ_u – объемный вес известкового молока, принимается в зависимости от концентрации раствора по таблице 2.4;

P_r – суточный расход товарной извести, т/сут., определяется по формуле (9.2).

Количество баков – не менее двух, баки принимаются прямоугольные в плане, размеры – произвольно. Для интенсификации растворения извести и перемешивания раствора в данных баках необходимо предусмотреть подачу сжатого воздуха. Определение расхода воздуха и подбор воздухоподводящего оборудования смотри в пункте 4 данных методических указаний.

2. Объем баков-хранилищ:

а) для станций водоподготовки:

$$W_{\text{б/х}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_u \cdot T}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_k}, \text{ м}^3, \quad (2.16)$$

б) при механическом обезвоживании осадков:

$$W_{\text{б/х}} = W^{30\%} \cdot T, \text{ м}^3, \quad (2.17)$$

где T – время хранения известкового молока, принимается 15–30 суток.

Количество баков не менее двух, баки прямоугольные в плане, размеры принимаются произвольно. Для поддержания во взвешенном состоянии твердых частиц извести в баки следует подавать сжатый воздух. Определение расхода воздуха и подбор воздухоподводящего оборудования смотри в пункте 4 данных методических указаний.

3. Объем расходных баков:

$$W_{\text{расх}} = \frac{W^{30\%} \cdot b_u}{b_p}, \text{ м}^3, \quad (2.18)$$

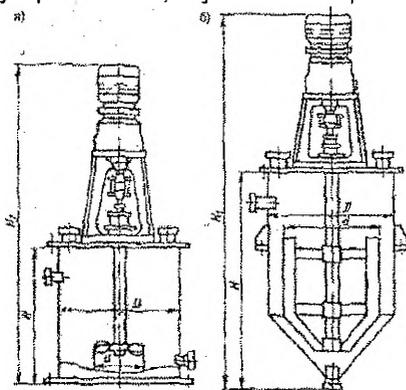
где b_p – концентрация рабочего раствора известкового молока, %, принимается равной 5% (для станций водоподготовки) и 10% (при механическом обезвоживании осадков).

В качестве расходных баков принимаются гидравлические мешалки. Количество мешалок – не менее двух. Подбор мешалок приведен в пункте 2.2.5 данных методических указаний.

2.2.5. Подбор устройств и оборудования для перемешивания раствора извести

В качестве перемешивающих устройств в баках для извести применяются механические мешалки и гидравлические мешалки, реже прибегают к использованию сжатого воздуха.

К механическим мешалкам относятся аппараты с перемешивающими устройствами, мутилки и перемешиватели механические тихоходные.



Аппараты с перемешивающими устройствами (рис. 2.5.) предназначены для приготовления растворов реагентов. Технические характеристики данных аппаратов с перемешивающими устройствами представлены в табл. 2.5, а также в табл. 5.1 и 5.2 [2] и в табл. III.6 и III.7 [3].

а) с плоским дном и пропеллерной мешалкой; б) с коническим дном и рамной мешалкой

Рис. 2.5 – Аппараты с перемешивающими устройствами

Таблица 2.5 – Техническая характеристика аппаратов с перемешивающими устройствами (см. рис. 2.5)

Тип аппарата	Вместимость, м ³	Размеры, мм				Частота вращения мешалки, об/мин	Электродвигатель		Масса, т
		D	d	H ₁	H		марка	мощность, кВт	
С коническим дном и рамной мешалкой	6,3	1800	1700	4300	3000	32	АО51-4	4,5	2,4
	8	2000	1900	4500	3250		АО52-4	7	2,8
	10	2200	2120	4700	3350		АО52-4	7	3,4
	12	2400	2240	5000	3700		АО52-4	7	3,7
с плоским дном и пропеллерной мешалкой	6,3	1800	600	4300	2600	180	АО51-4	4,5	2,3
	8	2000	600	4900	2600		АО51-4	4,5	2,7
	10	2200	710	5000	2600		АО52-4	7	3,3
	12	2400	800	4800	2800		АО52-4	7	3,7
То же, и лопастной мешалкой	2,5	1400	950	3040	1640	485	АО41-4	1,7	0,94
	5	1800	1250	3500	2000		АО52-4	2,8	1,3
	10	2200	850	4280	2590		АО51-4	4,5	2,1

Для перемешивания известкового молока применяются также мешалки гидравлические (рис. 2.6). Технические характеристики мешалок гидравлических представлены в табл. 2.6, а также в табл. 5.11 и 5.12 [2] и в табл. III.9 [3].

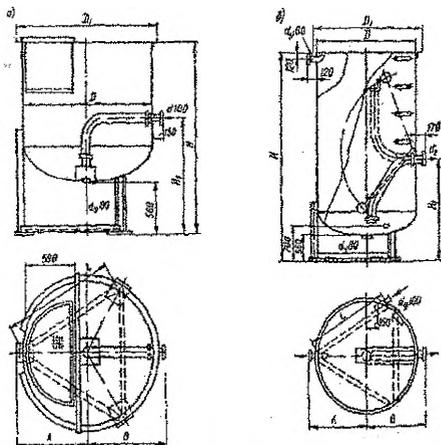


Рис. 2.6 – Мешалки гидравлические объемом 1 и 2 м³ (а) и 4, 8 и 14 м³ (б)

Таблица 2.6 – Размеры, мм, и масса, кг, мешалок гидравлических (см. рис. 2.6)

Рабочий объем, м³	D	D ₁	H	H ₁	L	A	B	d ₁	Масса
1	1200	1316	1645	1095	1000	654	758	80	270
2	1600	1716	1860	1210	1350	854	958	80	430
4	1600	1716	2900	1670	1300	928	978	100	645
8	2000	2100	3800	1970	1640	1130	1180	100	1415
14	2600	2724	4600	2300	2140	1432	1482	150	2610

Количество воздуха, необходимое для перемешивания известкового молока в баках определяется из условия интенсивности подачи $\omega = 8-10$ л/(с·м²) [1] по формуле:

$$Q_{\text{всзд}} = \omega \cdot (F_1 \cdot n_1 + F_2 \cdot n_2), \text{ л/с}, \quad (2.19)$$

где F_1, n_1 – соответственно площадь и количество баков-хранилищ;

F_2, n_2 – соответственно площадь и количество растворных баков.

Подбор соответствующего воздуходувного оборудования и диаметров воздухораспределительных труб производится в пункте 4 данных методических указаний. Если по технологической схеме требуется подача воздуха как для коагулянтного, так и для известкового хозяйства, то рекомендуется использовать общее воздуходувное оборудование, рассчитанное на суммарный расход воздуха.

Задача №2.3. Рассчитать и подобрать оборудование для приготовления известкового молока. Расчетный расход воды $Q_{\text{сут.}} = 85000$ м³/сут., минимальная щелочность воды 1 мг-экв/л. Для коагулирования воды применяется хлорное железо FeCl_3 дозой 65 мг/л.

2.3. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства флокулянта ПАА

2.3.1. Определение дозы реагента

Технический полиакриламид – прозрачный, бесцветный, вязкий и тягучий гель, содержащий 7 - 9% полимера, поставляется и транспортируется в деревянных бочках емкостью нетто 100 - 150 кг.

Доза ПАА по безводному продукту определяется в зависимости от основного состава сооружений станции и от качества исходной воды по п. 6.17 [1].

2.3.2. Расчет и подбор оборудования для приготовления раствора ПАА

Схема приготовления раствора ПАА представлена на рис. 2.7.

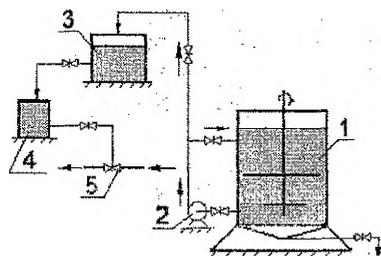
Расчет схемы приготовления раствора ПАА ведется в следующей последовательности.

1. Определяется производительность мешалки q_m в кг/сут. ПАА:

$$q_m = \frac{Q_{сут} \cdot D_{ПАА}}{1000}, \text{ кг/сут}, \quad (2.20)$$

где $Q_{сут}$ – производительность очистной станции, м³/сут.;

$D_{ПАА}$ – доза ПАА, мг/л.



1 - бак с мешалкой; 2 - циркуляционный и перекачивающий насос; 3 - расходный бак; 4 - дозатор; 5 - эжектор для разбавления и транспортирования раствора ПАА

Рис. 2.7 – Схема приготовления раствора ПАА

2. Определяется емкость мешалки:

$$W = \frac{q_m \cdot 100}{b \cdot \gamma \cdot 1000}, \text{ м}^3, \quad (2.21)$$

где b – концентрация раствора ПАА, %, принимается 0,1 - 1%;

γ – удельный вес раствора ПАА, $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$.

В качестве мешалки можно использовать типовую установку для растворения полиакриламида УРП-2М, технические характеристики которой представлены в главе 11 [3]. Также для этих целей можно использовать аппараты с перемешивающими устройствами, технические характеристики которых представлены в табл. 2.5, а также в табл. 5.1 и 5.2 [2] и в табл. III.6. и III.7 [3].

3. Определяется объем расходных баков:

$$W_{р.б.} = W \cdot t, \text{ м}^3, \quad (2.22)$$

где t – время хранения раствора ПАА: 0,7-1 % растворов – не более 12 суток, 0,4-0,6 % растворов – 7 суток, 0,1-0,3 % растворов – 2 суток [1].

Количество расходных баков должно быть не менее двух, размеры принимаются произвольно.

Задача №2.4. Рассчитать емкости мешалки и расходного бака для приготовления раствора флокулянта ПАА. Расчетный расход воды $Q_{сут.} = 85000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, мутность воды 900 мг/л, цветность 40 градусов.

2.4. Определение площади складов реагентов при "сухом" хранении

Склады рассчитываются на 30-суточный запас реагентов в зависимости от условий доставки, исходя из периода максимального расхода. Возможно строительство складов другой вместимости, но не меньшей, чем рассчитанной на хранение 15-суточного запаса. Если планируется поставлять реагенты на станцию железнодорожным транспортом, то проектируемая вместимость складов должна быть кратной вместимости большегрузного вагона или цистерны при имеющемся в момент разгрузки 10-суточном запасе реагентов.

При "сухом" хранении реагентов площадь склада $F_{ск}$ определяют по формуле

$$F_{ск} = \frac{Q_{сут.} \cdot D_p \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot \rho \cdot G_0 \cdot h}, \text{ м}^2, \quad (2.23)$$

где $Q_{сут.}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

D_p – расчетная доза реагента при максимальной потребности, мг/л;

T – продолжительность хранения реагента на складе, сут.;

α – коэффициент учета дополнительной площади проходов на складе, принимается равным 1,15;

ρ – содержание безводного продукта в реагенте, %;

G_0 – объемная масса реагента при загрузке склада навалом, $\text{т}/\text{м}^3$;

h – допустимая высота слоя реагента на складе, м.

Высоту слоя реагента на складе принимают: для сульфата алюминия навалом – 2 м; для негашеной извести навалом – 1,5 м. При наличии соответствующей механизации допускается увеличение высоты слоя сульфата алюминия до 3,5 м, извести – до 2,5 м. Высота укладки реагентов в таре должна составлять: для железного купороса в бумажных мешках – 2,0 – 3,5 м, хлорида железа (III) в барабанах, активированного угля в бумажных мешках, полиакриламида (геля 6 – 9%) в бочках, кремнефторида натрия в бочках – 2,5 м.

Сухие реагенты хранят в закрытых складах, размещаемых обычно на I этаже здания реагентного хозяйства, вблизи мест приготовления растворов и лишь на станциях большой производительности, как исключение, оборудуются отдельные складские помещения для реагентов.

Задача №2.5. Определить площадь склада для хранения коагулянта и извести при производительности станции $Q_{сут.} = 35000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, доза коагулянта сульфата алюминия $D_k = 50 \text{ мг/л}$, извести $D_u = 18,6 \text{ мг/л}$, продолжительность хранения $T = 30 \text{ сут.}$, содержание безводного продукта в коагулянте $\rho = 35,5\%$, в извести $\rho = 70\%$, объемная масса при загрузке склада навалом коагулянта $G_0 = 1,1 \text{ т}/\text{м}^3$, извести $G_0 = 1 \text{ т}/\text{м}^3$.

3. РАСЧЕТ И ПОДБОР ДОЗАТОРОВ РЕАГЕНТОВ

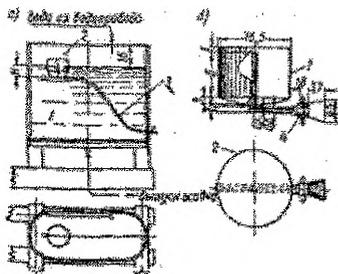
По принципу действия дозаторы подразделяются на два основных принципа: 1) дозаторы постоянной дозы, применяемые при равномерной подаче среды с постоянным качественным составом; 2) дозаторы пропорциональной дозы, с помощью которых достигается автоматическое изменение подачи реагента при изменении расхода или состава среды.

К дозаторам первого типа относятся поплавковые дозаторы, дозирочные баки с постоянным уровнем и сечением выходного отверстия, насосы-дозаторы марок НД.

К дозаторам второго типа относятся автоматический дозатор сернокислого алюминия, дозаторы типа ДИМБА, насосы-дозаторы типа 1В с электрифицированным вариатором.

3.1. Поплавковый дозатор

Применяются на очистных станциях производительностью до 30000 м³/сут. Применяются для дозирования как кислых, так и щелочных реагентов (коагулянта, флокулянта и извести) (рис. 3.1).



- а – дозирочный бак; б – поплавок-дозатор;
1 – бак; 2 – поплавок; 3 – резиновая трубка;
4 – сменная диафрагма

Рис. 3.1 – Поплавковый дозатор

При дозаторе имеется набор диафрагм с разными отверстиями. Обозначение поплавковых дозаторов:

ПД_к – 40, ПД_щ – 70,

где *к, щ* – реакция реагента;

40, 70 – диаметр приемной трубы дозатора.

Максимальный расход реагента 0,9 – 2,5 м³/ч.

Подбор диаметра отверстия диафрагмы для определенного расхода реагента определяется из формулы:

$$q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}, \text{ м}^3 / \text{сек}, \quad (3.1)$$

где *q* – расход раствора реагента, м³/сек;

μ – коэффициент, равный 0,62;

ω – площадь отверстия диафрагмы, м²;

H – напор (глубина погружения центра диафрагмы под уровень), м, принимаемый 0,15 м.

Технические характеристики поплавковых дозаторов принимаются по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика поплавковых дозаторов

Марка	Реакция реагента	Максимальный расход реагента, м ³ /ч	Диаметр приемной трубы дозатора, мм	Вес, кг
ПДк-40	кислая	0,9	40	3,68
ПДк-60	кислая	2,2	60	4,08
ПДк-70	кислая	2,5	70	5,66
ПДщ-32	щелочная	0,9	32	4,27
ПДщ-50	щелочная	2,2	50	5,28
ПДщ-70	щелочная	2,5	70	7,36

Примечание. Для растворов, имеющих примесь хлора, дозаторы применять не следует.

Задача №3.1. Подобрать поплавковый дозатор при расходе реагента 0,9 м³/ч (0,00025 м³/с)

3.2. Шайбовый дозатор

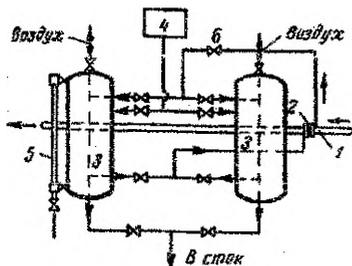
Шайбовый дозатор (рис. 3.2) относится к напорным дозаторам пропорциональной дозы, приспособленным для дозирования легкорастворимых реагентов (сода, едкий натр, сернокислый алюминий).

Работает на перепаде давления в диафрагме трубопровода, подающего воду на станцию производительностью 10000–12000 м³/сут.

Дозатор шайбовый емкостью 3,5 м³ представляет собой стальной цилиндрический бак, в сферическое днище которого вварены патрубки для подачи и отвода дозируемого раствора реагента и воды.

Расчет шайбового дозатора заключается в определении емкости дозатора и диаметра шайбы в трубопроводе сырой воды.

Последовательность расчета шайбового дозатора.



- 1 – трубопровод сырой воды; 2 – шайба;
3 – дозатор; 4 – дозатор; 5 – водомерные стекла; 6 – вентиль

Рис. 3.2 – Схема установки шайбовых дозаторов

1. Емкость дозатора определяют по формуле:

$$W = 0,1 \cdot \frac{n \cdot Q_{\text{час}} \cdot D}{b \cdot \gamma}, \text{ л}, \quad (3.2)$$

где n – число часов непрерывного действия дозатора (не менее 6 ч);

$Q_{\text{час}}$ – расход обрабатываемой воды в м³/ч;

D – доза реагента в мг/л;

b – концентрация раствора реагента, %;

γ – удельный вес раствора реагента (принимается в зависимости от концентрации).

2. Принимаем максимальную высоту слоя раствора реагента в дозаторе $H_1 = 2d_0$, где d_0 – диаметр цилиндрического корпуса дозатора.

$$W = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot H_1 = \frac{\pi \cdot (H_1/2)^2}{4} \cdot H_1 \Rightarrow H_1, \text{ м.} \quad (3.3)$$

3. Перепад давления, создаваемый дроссельной шайбой

$$\Delta h = (\gamma - 1) \cdot \left(H + \frac{100 \cdot H_1}{K} \right) + 3 \cdot \sum h_{\zeta}, \text{ м вод. ст.,} \quad (3.4)$$

где H – максимальная геометрическая высота подачи раствора из дозатора в трубопровод исходной воды в м;

K – точность дозирования (обычно 10%);

$\sum h_{\zeta}$ – гидравлические сопротивления на пути обрабатываемой воды от дроссельной шайбы к дозатору и на пути раствора реагента от дозатора к дроссельной шайбе.

4. Диаметр шайбы на трубопроводе обрабатываемой воды можно определить по формуле:

$$d_w = 4,27 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{нас}}}{\alpha \cdot \sqrt{\Delta h}}}, \text{ мм,} \quad (3.5)$$

где α – коэффициент истечения, принимаемый по таблице 3.2, в зависимости от соотношения $m = (d_w/D)^2$, где D – диаметр трубопровода исходной воды, мм, на котором установлена шайба;

Таблица 3.2 – Зависимость значения коэффициента истечения α от отношения диаметров шайбы и трубопровода m

Отношение $m = (d_w/D)^2$	Величина α	Отношение $m = (d_w/D)^2$	Величина α
0,05	0,596	0,4	0,66
0,1	0,6	0,45	0,675
0,15	0,607	0,5	0,695
0,2	0,615	0,55	0,715
0,25	0,625	0,6	0,74
0,3	0,635	0,65	0,765
0,35	0,647		

Задача №3.2. Рассчитать шайбовый дозатор при расходе обрабатываемой воды $Q_{\text{нас}}=100 \text{ м}^3/\text{ч}=27,8 \text{ л/с}$, время непрерывного действия дозатора $n=10 \text{ ч}$, доза реагента сернистого алюминия $D=45 \text{ г/м}^3$, концентрация раствора реагента $b=8\%$ (при $t=15^\circ\text{C}$), максимальная геометрическая высота подачи раствора из дозатора в трубопровод исходной воды $H=5,5 \text{ м}$, гидравлическое сопротивление на пути обрабатываемой воды от дроссельной шайбы к дозатору $\sum h_{\zeta}=0,2 \text{ м}$.

3.3. Насос-дозатор

В практике очистки воды весьма распространено использование для дозирования растворов и суспензий реагентов насосов-дозаторов. Достоинство их состоит в том, что они компактны, обеспечивают возможность дозирования в напорный трубопровод и могут быть легко автоматизированы.

Насосы дозирочные типа НД предназначены для перекачки чистых нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий. Насосы изготавливаются из нержавеющей стали (сальники из маслобензостойкой резины) и используются в реagentных хозяйствах для перекачки и дозирования растворов коагулянтов, полиакриламида и известкового молока. Насосы типа НД горизонтальные, одноплунжерные, одинарного действия. Подача насосов регулируется от нуля до максимума вручную путем изменения длины хода плунжера.

Подача насоса-дозатора рассчитывается по формуле:

$$Q_{н/д} = \frac{Q_{сут} \cdot D_p}{b_p \cdot \gamma_p \cdot 10000}, \quad \text{м}^3/\text{сут.}, \quad (3.6)$$

где $Q_{сут}$ – расход воды, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

D_p – доза реагента, $\text{г}/\text{м}^3$;

b_p – концентрация раствора реагента, %;

γ_p – объемный вес раствора реагента, $\text{т}/\text{м}^3$, принимается в зависимости от концентрации раствора.

Технические характеристики насосов-дозаторов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики насосов-дозаторов типа НД

Параметры		Предельное давление, $\text{кг}/\text{см}^2$									
подача, л/ч	d_p , мм	5	10	16	25	40	63	100	160	250	400
мощность электродвигателя, кВт											
0,4	10						0,25	0,25			
1,0	10						0,25	0,25			
1,6	10						0,25	0,25			0,25
2,5	10							0,25			0,25
4,0	10							0,25		0,25	
10	10							0,25	0,37		0,55
16	10						0,25	0,37		0,55	1,1
25	10					0,25	0,37		0,55	1,1	1,5
40	10				0,25	0,37		0,55	1,1	1,5	2,2
63	10			0,25	0,37		0,55	1,1	1,5	2,2	3,0
100	10		0,25	0,37		0,55	1,1	1,5	2,2		
160	15	0,25	0,37		0,55	1,1	1,5	2,2			
250	15	0,37		0,55	1,1	1,5	2,2				
400	25		0,55	1,1	1,5	2,2					
630	25	0,55	1,1	1,5	2,2						
1000	32	1,1	1,5	2,2	3,0	5,5					
1600	32	1,5	2,2	3,0							
2500	40	2,2	3,0	5,5							
3000	40	3,0									
4000	48	5,5	5,5								
6300	48	5,5									

Задача №3.3. Подобрать насос-дозатор для дозирования раствора коагулянта на станции производительностью $25000 \text{ м}^3/\text{сут.}$, при дозе реагента $D_k = 45 \text{ мг}/\text{л}$, концентрация раствора реагента $b = 8\%$.

3.4. Дозатор известкового молока типа ДИМБА

Дозатор ДИМБА – сварной бункерно-лотковый аппарат с делителем падающей струи, имеющим привод от исполнительного механизма. Дозаторы предназначены для дозирования раствора извести. Подбор дозатора осуществляется по количеству обрабатываемой извести (т/сут.) или количеству подаваемого раствора к дозатору (м³/ч) по таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Техническая характеристика дозаторов известкового молока типа ДИМБА

Тип дозатора	Количество обрабатываемой извести, т/сут	Пропускная способность полезная, м ³ /ч	Количество подаваемого раствора к дозатору, м ³ /ч	Исполнительный механизм		
				тип	мощность, Вт	Общий вес, кг
ДИМБА-1	2	1	2	ПР-1М	60	45
ДИМБА-3	4	3	6	ПР-1М	60	70
ДИМБА-10	5...12	10	15	МЭК-10К	180	160
ДИМБА-20	15...25	20	30	МЭК-10К	180	246
ДИМБА-40	30...50	40	60	МЭК-10К	180	490

4. РАСЧЕТ И ПОДБОР ВОЗДУХОДУВОК И РАСЧЕТ ВОЗДУХОПРОВОДОВ ДЛЯ РЕАГЕНТНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Для интенсификации процессов растворения коагулянта и перемешивания раствора в растворных и расходных баках предусматривается подача сжатого воздуха.

Расчетный расход воздуха, подаваемого в растворные и расходные баки:

$$Q_{\text{возд}} = \omega_1 \cdot F_1 \cdot n_1 + \omega_2 \cdot F_2 \cdot n_2, \text{ л/с}, \quad (4.1)$$

где ω_1, ω_2 – интенсивности подачи воздуха в растворные и расходные баки, равные 8 - 10 и 3 - 5 л/с·м² соответственно;

F_1, F_2 – площади в плане растворных и расходных баков соответственно, м²;

n_1, n_2 – количество растворных и расходных баков соответственно.

По полученному расчетному расходу воздуха подбирается воздуходувка необходимой производительности W . В реagentных хозяйствах применяются воздуходувки типов ВК, РМК и ТВ. Технические характеристики воздуходувок типа ВК представлены в табл.4.1.

Таблица 4.1 – Подача воздуходувок типа ВК в зависимости от избыточного давления

Избыточное давление, м	Подача, м ³ /мин, воздуходувок марок			
	ВК-1,5	ВК-3	ВК-6	ВК-12
3	1,59	3,48	6,3	10,5
6	1,4	3,1	5,7	10,4
8	1,18	2,54	5	10,3
10	0,91	2,09	4,5	10,2
12	0,64	1,84	4,2	9,9
14	0,38	0,98	3,6	9,6
16	0,18	0,55	2,75	9,2
18	0	0	1,9	8,9
22	-	-	0	7,8

Диаметр воздухораспределительных труб принимают из расчета скорости движения в них воздуха 10 – 15 м/сек, а число отверстий ($d_{отв} = 3 - 4$ мм) – по скорости выхода из них воздуха, равной 20 – 30 м/сек.

Скорость движения воздуха в трубопроводе определяется

$$v = \frac{W}{60 \cdot (p+1) \cdot 0,785 \cdot d^2}, \text{ м/сек}, \quad (4.2)$$

где W – производительность воздуходувки, м³/мин;

p – давление в воздухопроводе (обычно $p = 1,5$ кгс/см²);

d – диаметр воздуховода, м.

Потери давления воздуха определяют по формуле:

$$p_1 = \frac{12,5 \cdot \beta \cdot G^2 \cdot L}{\gamma \cdot d^5}, \text{ кгс/см}^2 \quad (4.3)$$

где β – коэффициент сопротивления, принимаемый по данным табл. 4.3 в зависимости от G ;

G – вес воздуха, проходящего через трубопровод в течение 1 часа, кг/ч:

$$G = W \cdot 60 \cdot \gamma, \text{ кг/ч} \quad (4.4)$$

где L – длина воздухопровода, м;

d – диаметр трубопровода, мм;

γ – удельный вес сухого воздуха, по данным табл. 4.2 в зависимости от давления.

Таблица 4.2 – Значения величин удельного веса сухого воздуха γ в кг/м³

Давление, кгс/см ²	Значение γ при температуре в °С							
	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
1	1,406	1,35	1,299	1,251	1,207	1,166	1,128	1,058
2	2,812	2,701	2,589	2,583	2,414	2,332	2,555	2,115
4	5,624	5,402	5,196	5,006	4,829	4,664	4,51	4,232
6	8,426	8,102	7,794	7,509	7,244	6,996	6,765	6,346
8	11,25	10,8	10,39	10,01	9,658	9,328	9,02	8,464
10	14,06	13,5	12,99	12,51	12,07	11,66	11,28	10,58

Таблица 4.3 – Значения коэффициента β в зависимости от величины G

G , кг/ч	β	G , кг/ч	β
10	2,03	400	1,18
15	1,92	650	1,1
25	1,78	1000	1,03
40	1,68	1500	0,97
65	1,54	2500	0,9
100	1,45	4000	0,84
150	1,36	6500	0,78
250	1,26		

Потери напора в фасонных частях воздухопровода равны:

$$p_2 = 0,063 \cdot v^2 \cdot \sum \xi, \text{ мм вод. ст.}, \quad (4.5)$$

где v – скорость движения воздуха, м/с;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Суммарные потери давления

$$\sum p = p_1 + p_2, \text{ м.вод.ст.} \quad (4.6)$$

Необходимую мощность электродвигателя определяют по формуле:

$$N_n = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (4.7)$$

где Q – количество воздуха, перемещаемое воздуходувкой, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – давление воздуха, мм вод. ст.;

η – КПД воздуходувки, составляет 0,4-0,9.

Задача №4.1. Произвести расчет воздуходувки и воздухопроводов для реагентного хозяйства, состоящего из трех растворных баков (размеры 1,5×2 м) и двух расходных баков (размеры 2,5×3 м). Длина воздухопровода 20 м, на воздуховоде имеется пять прямоугольных колен ($\xi=1,5$)

5. РАСЧЕТ ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

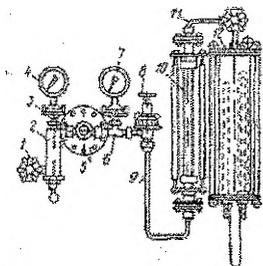
Обеззараживание воды применяют с целью уничтожения имеющихся в ней бактерий. Оно достигается обычно путем хлорирования воды жидким (газообразным) хлором или раствором хлорной извести (установка производительностью не более 3000 $\text{м}^3/\text{сутки}$). Обеззараживание воды может быть также достигнуто озонированием или действием на нее бактерицидных лучей, представляющих часть ультрафиолетового спектра.

5.1. Обеззараживание воды хлором

Обычно на очистных сооружениях водоподготовки хлор вводится в два этапа. Первый – *предварительное хлорирование* для улучшения хода коагуляции и обесцвечивания воды, а также для улучшения санитарного состояния сооружений. Доза хлора при предварительном хлорировании $D_{\text{ср}} = 3 \dots 10 \text{ мг/л}$. Хлор рекомендуется вводить за 1...3 мин. до ввода коагулянтов. Второй – *собственно обеззараживание*. Дозу активного хлора следует принимать для поверхностных вод после фильтрования $D_{\text{ср}} = 2 \dots 3 \text{ мг/л}$, для вод подземных источников 0,7...1 мг/л. При этом концентрация остаточного хлора в воде должна отвечать СанПиН 10–124 РБ99 «Вода питьевая», то есть быть в пределах 0,3...0,5 мг/л.

При очистке сточных вод для снижения Coli-форм на 99,9% требуются следующие дозы хлора, г/м^3 : после механической очистки – 10; после химической очистки 3-10; после полной и неполной биологической очистки – 3-5; после фильтрования на песчаных фильтрах – 2-5. Количество остаточного хлора в сточной воде должно быть не менее 1,5 г/м^3 .

Существуют различные конструкции хлораторов. Наиболее распространенным является вакуумный хлоратор системы ЛОНИИ-СТО (рис. 5.1). Технические характеристики хлораторов ЛОНИИ-СТО представлены в табл. 5.1.



- 1 – запорный вентиль; 2 – фильтр; 3 – мембранная камера; 4 и 7 – манометры; 5 – редукционный клапан; 6 – тройник; 8 – регулирующий вентиль; 9 и 11 – соединительные трубки; 10 – ротаметр; 12 – смеситель хлоргаза с водой

Рис. 5.1 – Хлоратор ЛОНИИ – СТО

Количество хлораторов должно быть не менее двух. При количестве рабочих хлораторов до четырех предусматривается один резервный, а более пяти – два резервных.

В хлораторной размещают расходные хлорные баллоны или бочки, которые устанавливаются на специальные весы для дополнительного контроля за расходом хлора. Между расходным хлорным баллоном и хлоратором размещается промежуточный баллон для очищения хлора от загрязнений. В аппаратной размещают хлораторы и промежуточные хлорные баллоны.

Последовательность расчета хлораторной установки:

1. Расчетный часовой расход хлора для хлорирования воды в два этапа:

$$Q_{Cl} = \frac{Q_{сут} \cdot (D_{Cl1} + D_{Cl2})}{24 \cdot 1000}, \text{ кг/ч}, \quad (5.1)$$

где $Q_{сут}$ – расход воды, м³/сут;

D_{Cl1} , D_{Cl2} – доза хлора соответственно для предварительного и вторичного хлорирования, мг/л.

2. Осуществляется подбор хлораторов для дозирования хлора по табл. 5.1. Принимается необходимое количество рабочих и резервных хлораторов. По количеству хлораторов принимается соответствующее количество промежуточных хлорных баллонов.

Таблица 5.1 – Технические характеристики хлораторов ЛОНИИ-СТО

Производительность по хлоргазу, кг/ч	Тип ротаметра	Напор воды перед эжектором, кгс/см ²	Подпор после эжектора, м вод. ст.	Расход воды, м ³ /ч	Вес, кг
0,08...0,72	PC-3	2,5	-	2	37,5
0,21...1,28					
0,4...2,05					
1,28...8,1	PC-5	3...3,5	5	7,2	37,5
2,05...12,8					
3,28...20,5					
20,5...82	PC-7	3...4	5	-	-

При производительности хлораторной более 250 кг/сут помещение разделяется стеной на две части: собственно хлораторную и аппаратную с запасным выходом из каждой.

3. Количество расходных хлорных баллонов:

$$n_{бал} = \frac{Q_{Cl}}{S_{бал}}, \text{ шт.}, \quad (5.2)$$

где $S_{бал}$ = 0,5...0,7 кг/ч – съем хлора с одного баллона без искусственного подогрева при температуре воздуха в помещении 18°C.

Технические характеристики баллонов этого типа представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 Техническая характеристика баллонов типа Е

Вместимость баллона, л	Длина баллона L, мм	Масса, кг	Вместимость баллона, л	Длина баллона L, мм	Масса, кг
20	770	34	36	1265	50
25	925	40,5	40	1390	60
27	985	43	45	1545	66,5
30	1080	47	50	1700	73
33	1170	51	55	1855	79,5

4. Для уменьшения количества расходных баллонов в хлораторной устанавливаются стальные бочки-испарители. Количество бочек:

$$n_b = \frac{Q_{cl}}{q_b}, \text{ шт.}, \quad (5.3)$$

где q_b – сьем хлора с одной бочки:

$$q_b = F_b \cdot S_{cl}, \text{ кг/ч}, \quad (5.4)$$

где S_{cl} – сьем хлора с 1 м² боковой поверхности бочки, составляет 3 кг/ч;

F_b – боковая поверхность бочки, м²:

$$F_b = l \cdot \pi \cdot D_b, \text{ м}^2, \quad (5.5)$$

где l , D_b – соответственно длина и внутренний диаметр бочки, м, принимаются по табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Техническая характеристика бочек (контейнеров) для жидкого хлора

Параметр	Объем бочки (контейнера), л			Параметр	Объем бочки (контейнера), л		
	500	800	1000		500	800	1000
Масса тары, кг	428	660	970	Объем жидкого хлора,	410	600	800
Масса жидкого хлора, кг	640	1000	1280	Рабочее давление, кг/см ²	15	15	15

5. Для пополнения расхода хлора из бочки его переливают из стандартных баллонов емкостью 55 л (см. табл. 5.2), создавая разрежение в бочках путем отсоса хлор-газа эжектором. Это мероприятие позволяет увеличить сьем хлора $S'_{бач}$ до 5 кг/ч с одного баллона и, следовательно, сократить количество одновременно действующих расходных баллонов:

$$n'_{бал} = \frac{Q_{cl}}{S'_{бал}}, \text{ шт.} \quad (5.6)$$

6. Суточная потребность в баллонах с жидким хлором:

$$N_{бал} = \frac{24 \cdot Q_{cl}}{55}, \text{ шт.} \quad (5.7)$$

где 55 – емкость одного баллона, л.

7. Общее количество баллонов, размещаемых в хлораторных, состоит из суточного количества баллонов и резервного количества баллонов (50% от суточного количества баллонов):

$$N = N_{\text{бал}} + 0,5 \cdot N_{\text{бал}}, \text{ шт.} \quad (5.8)$$

8. Для обеспечения весового контроля расхода хлора каждая бочка-испаритель в горизонтальном положении размещается на платформе весов. Технические характеристики весов представлены в табл. 5.4.

Таблица 5.4 – Технические характеристики весов циферблатных типа РП

Параметр	Марка весов			
	РП-600Ц136	РП-2Ц13М	РП-150Ц13Т	РП-100Ц13Т
Пределы взвешивания, кг	300...600	100...2000	7,5...150	5...100
Цена деления, кг	0,2	1	0,2	0,1
Масса, кг	315	444	185	185

9. Определение количества баллонов, размещаемых на складах.

9.1. При суточном расходе хлора более трех баллонов, при хлораторной надо предусмотреть хранение трехсуточного запаса хлора:

$$n_{\text{бал}} = N_{\text{бал}} \cdot 3, \text{ шт.} \quad (5.9)$$

9.2. Основной запас хлора хранится вне очистной станции на расходном складе, рассчитанном на месячную потребность в хлоре:

$$n_{\text{бал}} = \frac{24 \cdot Q_{\text{cl}} \cdot 30}{55}, \text{ шт.} \quad (5.10)$$

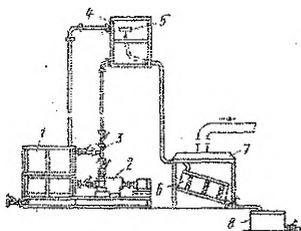
Задача 5.1. Рассчитать хлораторную установку для станции очистки питьевой воды производительностью $Q_{\text{сум}} = 40000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Хлор вводится в воду в два этапа: первичное хлорирование $D_{\text{cl}}^1 = 5 \text{ мг/л}$, вторичное хлорирование $D_{\text{cl}}^2 = 2 \text{ мг/л}$.

5.2. Обеззараживание воды гипохлоритом натрия

Гипохлорит натрия (NaClO) – сильный окислитель, по своей бактерицидной эффективности и влиянию на технологические показатели качества обрабатываемой воды равноценен действию жидкого хлора, хлорной извести и порошкообразного гипохлорита кальция.

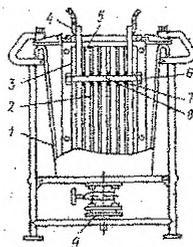
Разработаны электролизные установки для получения обеззараживающего хлорагента гипохлорита натрия на месте потребления из обычной технической соли, который основан на получении хлора и его взаимодействии со щелочью в одном и том же аппарате – электролизере.

В состав электролизной установки входят: узел для растворения соли; электролизер с зонтом вытяжной вентиляции; бак-накопитель готового раствора; выпрямительный агрегат для питания электролизера; шкаф управления и запорная арматура. Серийно выпускаются электролизные установки ЭН непроточные с графитовыми электродами пропускной способностью до 100 кг/сут. по активному хлору (рис. 5.2, 5.3).



- 1 — растворный бак; 2 — насос;
3 — распределительный тройник;
4 — рабочий бак; 5 — поплавко-дозатор;
6 — электролизер; 7 — зонт вытяжной
вентиляции; 8 — бак-накопитель
гипохлорита натрия

Рис. 5.2 – Технологическая схема получения гипохлорита натрия на электролизной установке с графитовыми электродами



- 1 — электролизная ванна; 2 — пакет графитовых электродов; 3 — накладки;
4 — токоподводящие электроды;
5 — промежуточные электроды; 6 — зажимные гайки; 7 — фиксирующие шайбы;
8 — стяжки; 9 — вентиль для слива готового продукта

Рис. 5.3 – Схема электролизной установки непроточного типа

Техническая характеристика установок типа ЭН приведена в табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Техническая характеристика установок типа ЭН

Характеристика узла или установки	Электролизер		
	ЭН-1	ЭН-5	ЭН-25
Производительность по активному хлору, кг/сут.	1,0	5,0	25
Удельный расход соли на 1 кг активного хлора, кг	12-15	12-15	8-9
Продолжительность цикла электролиза, ч	0,75-1,0	8-9	10-12
Рекомендуемое число циклов в сутки	2-4	2	2
Концентрация активного хлора в растворе, г/л	5-7	6-8	10-12
Рабочее напряжение на ванне, В	40-42	40-42	55-65
Рабочий ток, А	55-65	55-65	130-140
Удельный расход электроэнергии на 1 кг активного хлора, кВт/ч	7-9	7-9	8-10

Последовательность расчета электролизной установки.

1. Расчетный расход хлора.

$$Q_{Cl} = \frac{Q_{сут} \cdot (D'_{Cl} + D''_{Cl})}{1000}, \text{ кг/сут.} \quad (5.11)$$

где $Q_{сут}$ — расход воды, м³/сут.;

D'_{Cl} , D''_{Cl} — доза хлора соответственно для предварительного и второго хлорирования, мг/л.

2. Принимается тип электролизной установки и их количество.

3. Суточный расход поваренной соли по чистому реагенту.

$$Q_{сут}^{NaCl} = Q_{Cl} \cdot q_{уд}^{NaCl}, \text{ кг/сут.} \quad (5.12)$$

где $q_{уд}^{NaCl}$ — удельный расход соли на 1 кг активного хлора, кг (табл. 5.5).

4. Объем растворяемых баков-хранилищ.

$$W_{xp} = \frac{Q_{сут}^{NaCl} \cdot T \cdot 100}{b_n \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.13)$$

где T - продолжительность хранения, сут., принимается 15-30 сут.;

b_n - концентрация насыщенного раствора соли, %, принимается $b_n=23-31\%$;

γ - плотность соли, кг/м^3 , принимается $\gamma=2100 \text{ кг/м}^3$.

Принимается количество баков и их размеры в плане.

5. Объем рабочих баков.

$$W_p = \frac{Q_{сут}^{NaCl} \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.14)$$

где b_p - концентрация рабочего раствора соли, %, принимается 10-12%.

Задача №5.2. Рассчитать электролизную установку для станции очистки сточных вод производительностью $Q_{сут}=20000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Необходимая доза хлора для сточных вод, прошедших полную биологическую очистку $D_c=3 \text{ мг/л}$.

6. РАСЧЕТ И ПОДБОР СЪЕМНЫХ И ЛЕНТОЧНЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ СОРОУДЕРЖИВАЮЩИХ СЕТОК

Для задержания мелких взвешенных и плавающих тел, находящихся в воде поверхностных источников и не задержанных решетками, предназначаются сетки, которые в ряде случаев завершают очистку воды, идущей на производственные цели. Сетки устанавливаются в водозаборных сооружениях непосредственно за решетками, служащими для грубой очистки воды.

В настоящее время применяется два типа сетки - съемная плоская и вращающаяся ленточная.

Сетки съемные плоские. Применяются при производительности водозаборных сооружений до $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Достоинства: просты по устройству; в очень незначительной степени увеличивают размер водозаборного сооружения.

Недостаток: ручная промывка является сложным процессом.

Сетки вращающиеся ленточные. Применяются в водоемах со средними, тяжелыми и очень тяжелыми условиями загрязненности при производительности водозаборов более $1 \text{ м}^3/\text{с}$. Сетки вращающиеся имеют значительные преимущества перед сетками съемными, так как ряд операций - подъем сеток, промывка их и удаление извлеченных загрязнений - осуществляется автоматически, что позволяет полностью автоматизировать установки с вращающимися очистными сетками.

По способу подвода к сеткам загрязненной воды и отвода от них чистой различают вращающиеся сетки следующих типов:

- с внутренним односторонним подводом и двухсторонним отводом чистой воды;

- с внешним двухсторонним подводом воды и двухсторонним (или односторонним) отводом чистой воды;
- с лобовым односторонним подводом воды (нормально к плоскости сеток) и процеживанием ее последовательно через два полотна сетки.

Техническая характеристика вращающихся каркасных сеток типа с внешним подводом воды представлена в таблице 6.1.

Гидравлический расчет съёмных и ленточных вращающихся сеток.

От правильного расчета и выбора основных параметров сетки зависит её нормальная работа. Параметры:

- выбор схемы подвода воды;
- размер ячеек полотна сетки: съёмных - в зависимости от качества забираемой воды и технологических требований потребителей, вращающихся сеток – на основании опытных ориентировочных данных для различных отраслей промышленности;
- скорость движения воды - влияет на скорость засорения и общую площадь сетки, погруженной в воду;
- потери напора при движении воды через сетку - во вращающихся сетках колеблются от 1 до 10 см, иногда достигают 20-30 см.

Таблица 6.1 – Техническая характеристика вращающихся каркасных сеток типа с внешним подводом воды типа ТН

Марка сетки	Пропускная способность, м ³ /с	Размеры, мм				Масса, т
		Расстояние между звездочками, Н	Ширина полотна сетки, В	Высота агрегата сетки, h ₂	Радиус закругления сетки, R	
ТН-1500	1-5	5000-20000	1500	1200	730	1,1-1,4 на 1 м расстояние между звездочками
ТН-2000	1,5-7		2000	1150	730	
ТН-2500	2-8		2500	1280	1075	
ТН-3000	2-10		3000	1300	1425	

Примечания: 1. Производительность сеток и расстояние между звездочками Н определяются местными условиями в зависимости от высоты водозабора и глубины погружения сетки под расчетный уровень.
 2. Расход промывной воды 15—20 л/с при напоре 15—20 м.
 3. Тип электродвигателя АОС2-41-6, мощность 4 кВт, частота вращения 970 об/мин.
 4. Скорость движения сетки 4 м/мин.

Необходимая площадь съёмной сетки F_c , м², определяется по формуле:

$$F_c = \frac{Q_p}{v_p \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}, \text{ м}^2, \quad (6.1)$$

где Q_p – расчетный расход воды на 1 сетку, м³/с;

v_p – скорость движения воды в сетке, м/с, для съёмных сеток – 0,2-0,4 м/с;

η_1 – коэффициент сжатия струи, принимается 0,8;

η_2 – коэффициент стеснения живого сечения сетки проволокой

$$\eta_2 = \frac{B^2}{(B + d)^2}, \quad (6.2)$$

где B – размер ячейки сетки в свету, мм, принимается от 2×2 до 5×5 мм;

d – диаметр проволоки полотна сетки, мм, принимается 1–1,2 мм;

η_3 – коэффициент загрязнения сетки, принимается для съёмных сеток 0,7.

Необходимая площадь вращающейся сетки $F_{вр}$, m^2 , погруженной под водой, определяется по формуле:

$$F_{вр} = \frac{Q_p}{v_p \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4} \cdot m^2, \quad (6.3)$$

где Q_p – расчетный расход воды на 1 сетку, m^3/c ;

v_p – скорость движения воды в сетке, m/c , для вращающихся сеток – 0,8 – 1,2 m/c ;

η_1 – коэффициент сжатия струи, принимается 0,8;

η_2 – коэффициент стеснения живого сечения сетки проволокой

$$\eta_2 = \frac{B^2}{(B+d)^2}, \quad (6.4)$$

где B – размер ячейки сетки в свету, mm , принимается от 2×2 до 5×5 mm ;

d – диаметр проволоки полотна сетки, mm , принимается 1–1,2 mm ;

η_3 – коэффициент загрязнения сетки, принимается для вращающихся сеток 0,85;

η_4 – коэффициент уменьшения площади сетки опорными рамками и шарнирами, принимается 0,75.

Площадь полотна вращающейся сетки, $F_{вр}$, m^2 , будет:

- для сеток с лобовым подводом воды:

$$F_{вр} = B \cdot h, m^2, \quad (6.5)$$

где B – ширина полотна сетки, m , (осевое расстояние между звездочками противоположных цепей);

h – глубина погружения сетки под расчетный уровень, m , принимается 1,5 – 7,0 m .

- для сеток с внутренним и внешним двусторонним подводом воды:

$$F_{вр} = B \cdot (\pi \cdot R + 2 \cdot h), m^2, \quad (6.6)$$

где R – радиус закругления сетки, m .

Таким образом, глубина погружения под расчетный уровень h , m , составит для сеток:

- с лобовым подводом воды:

$$h = \frac{F_{вр}}{B}, m, \quad (6.7)$$

- с внутренним и внешним двусторонним подводом воды:

$$h = \frac{F_{вр} - \pi \cdot B \cdot R}{2 \cdot B}, m, \quad (6.8)$$

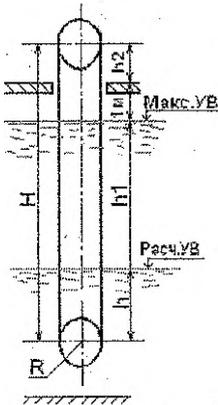


Рис. 6.1 – Схема для гидравлического расчета вращающейся сетки

Рассчитав глубину погружения сетки под расчетный уровень h , а также имея величину заданного для данного источника колебания уровня h_1 , определяют общую высоту H – расстояние между центрами звездочек полотна сетки:

$$H = h + h_1 + h_2 + 1, \text{ м}, \quad (6.9)$$

где h_2 – высота агрегата сетки (расстояние от оси верхней звездочки до пола, на котором устанавливается приводной механизм сетки), м.

Задача №6.1. Определить расчетный расход воды, который пропустит одна съемная сетка площадью $F_c = 2 \text{ м}^2$ при диаметре проволоки 1 мм, размер ячейки в свету $2 \times 2 \text{ мм}$.

Задача №6.2. Определить расчетный расход воды, который пропустит одна вращающаяся сетка площадью $F_c = 10 \text{ м}^2$ при диаметре проволоки 1,2 мм, размер ячейки в свету $3 \times 3 \text{ мм}$.

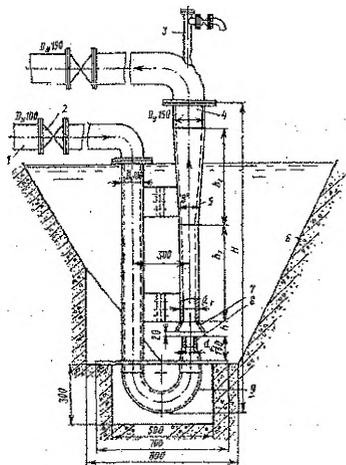
Задача №6.3. Определить общую высоту вращающейся сетки H , м, с внешним двусторонним подводом воды при расчетном расходе воды через сетку $3,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Расчетный уровень воды 75,48 м, максимальный уровень воды – 80,0 м, диаметр проволоки 1,0 мм, размер ячейки в свету $2 \times 2 \text{ мм}$.

7. РАСЧЕТ И ПОДБОР ГИДРОЭЛЕВАТОРОВ И ЭРЛИФТОВ

7.1. Водоструйные насосы (гидроэлеваторы)

Гидроэлеваторы стационарные или переносные применяются для удаления осадков из водоприемных камер в небольших водозаборах, для откачки песка из песколовок, для удаления дренажных вод в насосных станциях и т. п.

Гидроэлеватор (рис 7.1) представляет собой струйный аппарат, преобразующий кинетическую энергию потока рабочей жидкости, истекающей из сопла, в энергию динамического напора смешанного потока, состоящего из рабочей и перекачиваемой жидкости, образующих пульпу.



- 1 - напорный водовод; 2 - задвижка;
- 3 - патрубок для прочистки; 4 - отводной патрубок; 5 - диффузор; 6 - водоприемная камера; 7 - смесительная камера; 8 - суженное сечение (сопло); 9 - напорный патрубок

Рис. 7.1 – Стационарный стальной гидроэлеватор

Преимущества гидроэлеваторов: просты по конструкции, на их изготовление расходуется очень мало металла, для их установки не требуется специальных производственных помещений, просты в обслуживании, надежны в работе, отличаются

простотой ремонта. К недостаткам гидроэлеваторов относятся большой расход воды и низкий КПД, равный 0,15-0,25.

Гидроэлеватор стальной сварной, приведенный на рис. 7.1, разработан двух типоразмеров: 1) диаметр сопла $d_c=30$ мм и горловины $d_g = 55$ мм с производительностью по осадку 8-35 л/с и напором 25-5 м; 2) $d_c = 40$ мм и $d_g = 80$ мм с производительностью 20-65 л/с и напором 18-5 м.

Характеристики гидроэлеваторов (рис. 7.2 и 7.3) показывают зависимость напора гидроэлеватора от количества перекачиваемой пульпы $H_T=f(Q_2)$. По этим характеристикам можно подобрать гидроэлеваторы для различных местных условий.

Условные обозначения на характеристиках.

Q_1 – расход рабочей воды, л/с;

Q_2 – количество перекачиваемого осадка, л/с;

$Q_2 = Q_1 + Q_2$ - количество перекачиваемой пульпы, л/с;

H_T – напор на выходе после диффузора, м;

H_c – напор рабочей жидкости, м;

$H_{п.г.} = H + h$ – потребный напор на выходе после диффузора, м;

H – высота подъема пульпы от выходной кромки сопла гидроэлеватора, м;

h – суммарные гидравлические потери напора в пульпопроводе, м;

η – КПД гидроэлеватора.

При привязке типового проекта гидроэлеватора к конкретному объекту исходными данными являются: Q_2 – количество перекачиваемого осадка, л/с, H – высота подъема пульпы от выходной кромки сопла гидроэлеватора, м, h – суммарные гидравлические потери напора в пульпопроводе, м. Суммарные гидравлические потери предварительно принимаются ориентировочно, и лишь после определения количества перекачиваемой пульпы значение их уточняется.

Возможность использования типового гидроэлеватора для конкретных исходных данных определяется в такой последовательности.

1. Определяется потребный напор гидроэлеватора после диффузора $H_{п.г.} = H + h$.

2. На характеристике гидроэлеватора проводится горизонтальная прямая от точки рассчитанного выше потребного напора $H_{п.г.}$ до точки А на кривой расхода перекачиваемого осадка Q_2 .

3. Из полученной точки А опускаем вертикальную линию на ось абсцисс и определяем количество перекачиваемой гидроэлеватором пульпы Q_2 .

4. По полученному значению Q_2 уточняем значение h . В случае больших расхождений с ранее принятыми гидравлическими потерями пересчитываем значения $H_{п.г.}$ и Q_2 .

5. Из полученной точки А путем интерполяции строим зависимость $H_{п.г.} = f(Q_2)$ и кривую, определяющую значение коэффициента полезного действия гидроэлеватора η . По полученным кривым определяем значения расхода рабочей жидкости Q_1 , напора рабочей жидкости перед соплом H_c и коэффициента полезного действия гидроэлеватора η .

Расход Q_1 и напор H_c рабочей жидкости могут быть обеспечены путем подсоединения гидроэлеватора к напорному водопроводу или специальному насосу, получившим рабочую воду из какого-либо источника.

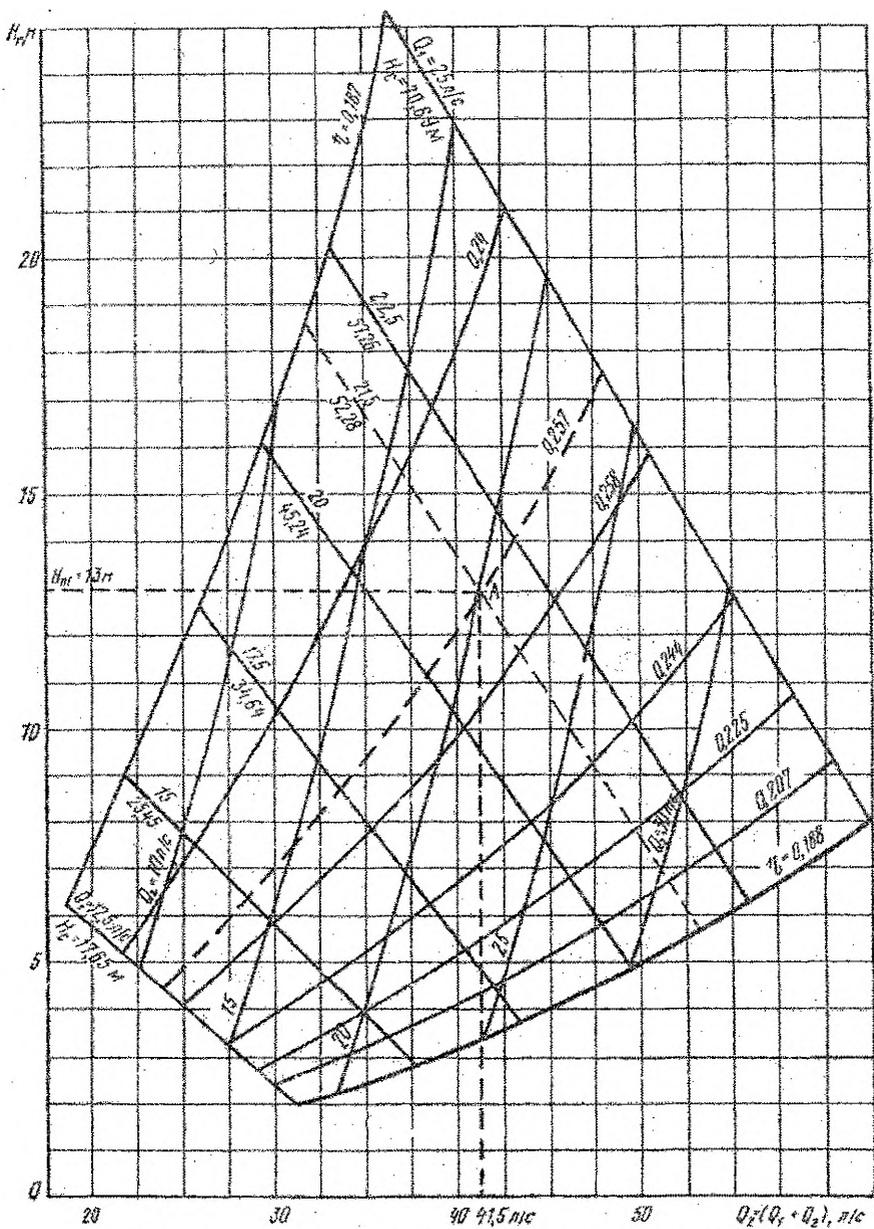


Рис.7.2 – Характеристика стационарного гидроэлеватора при $d_c = 30$ мм и $d_s = 55$ мм

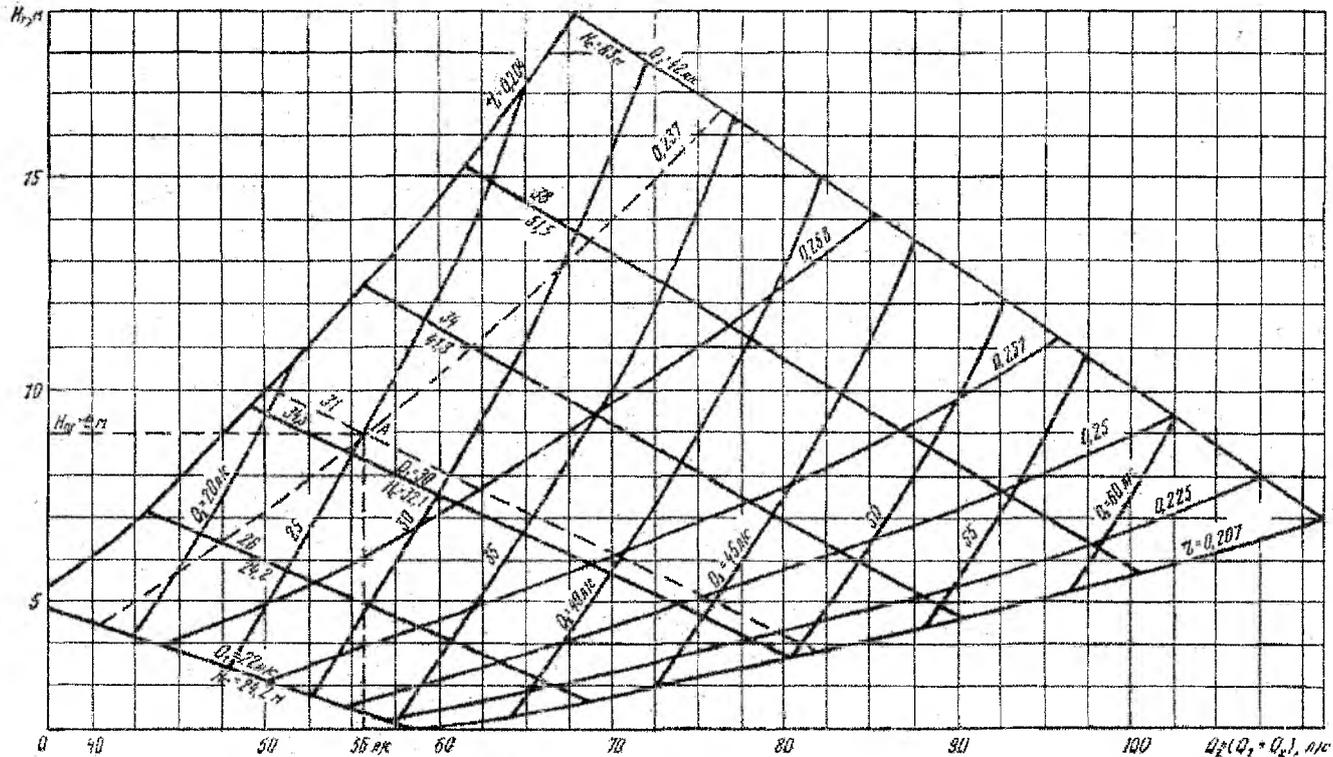


Рис. 7.3 – Характеристика стационарного гидрозлеватора при $d_c = 40$ мм и $d_o = 80$ мм

Пример 1. На графике (см. рис. 7.2) дан пример подбора гидроэлеватора, имеющего $d_c=30$ мм и $d_e=55$ мм при следующих исходных данных: $Q_1=20$ л/с, $H=10$ м, $h=3$ м.

Решение показано пунктирной линией. Искомые данные: $Q_1=21,5$ л/с, $H_c=52,28$ м, $\eta=0,257$, $Q_2=41,5$ л/с.

Пример 2. На графике (см. рис. 7.3) дан пример подбора гидроэлеватора, имеющего $d_c=40$ мм и $d_e=80$ мм при следующих исходных данных: $Q_1=28$ л/с, $H=8$ м, $h=1$ м.

Решение показано пунктирной линией. Искомые данные: $Q_1=31$ л/с, $H_c=34,3$ м, $\eta=0,237$, $Q_2=56$ л/с.

Задача №7.1. Определить расход и напор рабочей жидкости, а также КПД типового стационарного гидроэлеватора при следующих исходных данных:

1) количество перекачиваемого осадка 15 л/с, высота подъема пульпы от выходной кромки гидроэлеватора 12 м, потери напора в пульпопроводе 2 м;

2) количество перекачиваемого осадка 40 л/с, высота подъема пульпы от выходной кромки гидроэлеватора 10 м, потери напора в пульпопроводе 2 м;

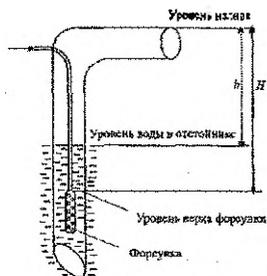
3) количество перекачиваемого осадка 55 л/с, высота подъема пульпы от выходной кромки гидроэлеватора 7 м, потери напора в пульпопроводе 1 м;

4) количество перекачиваемого осадка 25 л/с, высота подъема пульпы от выходной кромки гидроэлеватора 6 м, потери напора в пульпопроводе 1 м.

7.2. Эрлифты

Эрлифты предназначены для отгрузки песка из песколовков, удаления сырого осадка из первичных отстойников, рециркуляции активного ила.

Эрлифт представляет собой вертикальную трубу, частично опущенную в жидкость. При подаче в нижний конец сжатого воздуха через форсунку, образуются мелкие пузырьки воздуха, которые поднимаются вверх, увлекая за собой окружающую воду и смесь воды с осадком (пульпу).



В конструкциях эрлифтов существует два основных типа расположения форсунки: внутри пульпоподъемной трубы и рядом с ней. На рис 7.4 представлена схема эрлифта для случая, когда форсунка располагается внутри пульпоподъемной трубы.

Рис. 7.4 – Схема эрлифта с расположением форсунки внутри пульпоподъемной трубы

Расчет эрлифта заключается в определении расхода воздуха для подъема воды, выборе диаметров пульпоподъемной и воздушной трубы, определении производительности воздухоподувки и её рабочее давление.

1. Коэффициент погружения форсунки K , рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{H}{h}, \quad (7.1)$$

где H – глубина погружения верха форсунки, м;

h – высота подъема воды, м.

2. Удельный расход воздуха, W_0 , м^3 , т.е. количество воздуха, необходимое для подъема 1 м^3 смеси воды и осадка, рассчитывается по формуле:

$$W_0 = \frac{h}{23\eta_0 \lg \frac{h(K-1)+10}{10}}, \text{ м}^3, \quad (7.2)$$

где η_0 – коэффициент полезного действия эрлифта.

Коэффициент полезного действия эрлифта η_0 определяется опытным путем с учетом всех гидравлических потерь в эрлифте. Ориентировочно КПД эрлифта η_0 можно принять в зависимости от коэффициента погружения форсунки K . Данная зависимость представлена на рис 7.5, на ней также дана кривая величины $23\eta_0$, входящей в формулу (7.2).

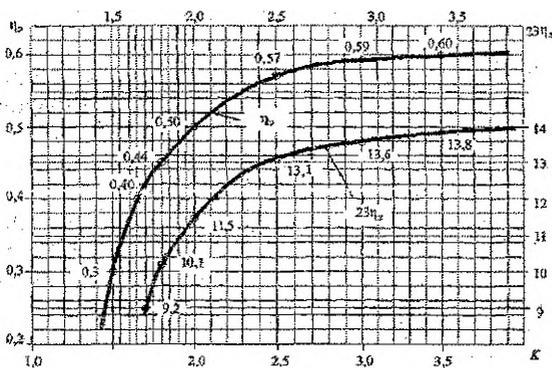


Рис. 7.5 – Зависимость КПД эрлифта от коэффициента погружения форсунки K

3. Расход воздуха, W , $\text{м}^3/\text{ч}$, для подъема смеси воды и осадка рассчитывается по формуле:

$$W = Q \cdot W_0, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.3)$$

где Q – расход смеси воды и осадка, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Формулы (7.2) и (7.3) являются основными для расчета эрлифтов.

4. Необходимая производительность компрессора W_k , $\text{м}^3/\text{ч}$, для обеспечения работы эрлифта определяется по формуле:

$$W_k = \alpha \cdot W, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.4)$$

где α – поправочный коэффициент, зависящий от температуры воздуха, его влажности, атмосферного давления, износа компрессора, потерь воздуха в трубопроводах, ориентировочно принимается $\alpha = 1,1-1,2$.

По найденной производительности W_k , л/мин, по справочникам-каталогам производится подбор компрессора.

5. Диаметр пульпоподъемной трубы выбирается так, чтобы создать оптимальные условия для работы эрлифта. Наилучшие условия работы эрлифта получаются при скорости движения смеси непосредственно над форсункой 2,5-3,0 м/с и при изливе 6-8 м/с. При длинных пульпоподъемных трубах применяются ступенчатые трубы двух-трех диаметров (с уменьшением диаметра от глубины до поверхности уровня излива).

Диаметр пульпоподъемной трубы D_ϕ , м, непосредственно над форсункой равен

$$D_\phi = \sqrt{\frac{Q}{0,785V_\phi} \left[1 + \frac{W_0 \cdot 10}{H(K-1) + 10} \right]}, \text{ м} \quad (7.5)$$

Диаметр пульпоподъемной трубы D_u , м, на уровне излива равен

$$D_u = \sqrt{\frac{Q}{0,785V_u} [1 + W_0]}, \text{ м} \quad (7.6)$$

В соотношениях (7.4) и (7.5) V_ϕ и V_u - скорости смеси на форсунке и изливе соответственно, м/с; Q - расход смеси воды и осадка, м³/с.

6. Диаметр воздушной трубы подбирают с таким расчетом, чтобы скорость воздуха в ней была в пределах 5-10 м/с, а потери давления были возможно меньшими.

$$d_{\text{воз}} = \sqrt{\frac{W_k}{0,785 \cdot (p+1) \cdot V_{\text{воз}} \cdot 60}}, \text{ м} \quad (7.7)$$

где $V_{\text{воз}}$ - скорость воздуха в воздушной трубе, м/с;
 p - рабочее давление, атм.

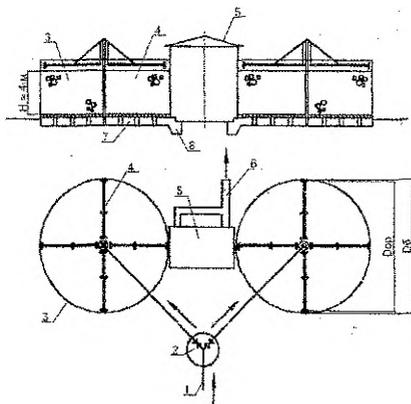
Задача №7.2. Рассчитать эрлифт для перекачивания циркуляционно-го активного ила из вторичного отстойника. Суммарный расход ила из четырех вторичных отстойников 120 м³/ч, высота подъема ила 1,5 м.

8. РАСЧЕТ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

8.1. Оборудование биофильтров

Для обеспечения нормальной работы биофильтров необходимы равномерная по площади и периодическая по времени подача сточных вод. Распределение воды обеспечено спринклерными системами (неподвижные устройства) и реактивными вращающимися оросителями (подвижные устройства).

Реактивный ороситель (рис. 8.1) состоит из стояка и дырчатых труб. Расчет реактивного оросителя состоит в определении его размеров, числа распределительных труб, числа отверстий на распределительных трубах, расстояний между отверстиями, числа оборотов оросителя и напора воды, обеспечивающего необходимые скорости истечения воды из отверстий оросителя.



1 – подача сточных вод; 2 – распределительная камера; 3 – фильтрующая загрузка; 4 – реактивный ороситель; 5 – вентиляционная камера; 6 – лотки для отвода сточных вод; 7 – дренажное устройство; 8 – гидрозатвор

Рис. 8.1 – Высокнагружаемые биофильтры (аэрофильтры) с реактивными оросителями

Последовательность расчета реактивного оросителя.

1. Диаметр реактивного оросителя:

$$D_{ор} = D - 0,2, \text{ м}, \quad (8.1)$$

где D – диаметр биофильтра, м.

2. Принимается количество распределительных труб z и определяется их диаметр $D_{тр}$ при условии движения жидкости в начале трубы $0,5 < v < 1$ м/с.

$$D_{тр} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_1}{z \cdot \pi \cdot v}}, \text{ м}, \quad (8.2)$$

где q_1 – общий расчетный расход воды, подаваемый на ороситель, м³/с.

3. Число отверстий на каждой распределительной трубе $n_{отв}$ находится из условия скорости истечения из отверстия не менее 0,5 м/с, а диаметра отверстия $d_{отв}$ не менее 10 мм:

$$n_{отв} = \frac{1}{1 - (1 - 80/D_{ор})^2}, \quad (8.3)$$

где $D_{ор}$ – диаметр реактивного оросителя, мм.

4. Расстояние до любого отверстия от оси реактивного оросителя:

$$r_i = R_{ор} \sqrt{i/n_{отв}}, \text{ мм} \quad (8.4)$$

где $R_{ор}$ – радиус оросителя, мм;

i – порядковый номер отверстия от оси реактивного оросителя.

5. Частота вращения реактивного оросителя:

$$n_o = \frac{34,8 \cdot 10^6}{n_{отв} \cdot d_{отв}^2 \cdot D_{ор}} \cdot \frac{q_1}{4}, \text{ мин}^{-1} \quad (8.5)$$

где $d_{отв} = 15$ мм – диаметра отверстия;

q_1 – общий расчетный расход воды, подаваемый на ороситель, л/с.

6. Требуемый напор у реактивного оросителя определяется по формуле:

$$h_{ор} = \left(\frac{q_1}{z}\right)^2 \cdot \left(\frac{256 \cdot 10^6}{d_{отв}^4 \cdot n_{отв}^2} + \frac{81 \cdot 10^6}{D_{тр}^4} + \frac{294 \cdot D_{ор}}{k^2 \cdot 10^5}\right), \text{ мм}, \quad (8.6)$$

где k – модуль расхода, (за висящий от диаметра трубы, л/с, для труб диаметром 50...250 мм принимается по табл. 8.1

Таблица 8.1 – Значение величины k

$D_{тр.}, мм$	$k, л/с$						
50	6	100	43	150	134	200	300
75	19	125	86,5	175	209	250	560

Задача 8.1. Рассчитать реактивные оросители для высоконагружаемых биофильтров (аэрофильтров) при следующих исходных данных: расчетный расход сточных вод $q_{общ} = 0,12 м^3/с$; число биофильтров – два; диаметр биофильтра $D = 12 м$, высота загрузки $H = 4 м$.

8.2. Оборудование аэротенков

Системы аэрации коридорных аэротенков

Пневматическая аэрация заключается в подаче воздуха с помощью компрессора и распределении его в очищаемой жидкости посредством аэраторов.

К мелкопузырчатым аэраторам, которые обеспечивают крупность пузырьков воздуха 1-4 мм, относятся тканевые и пластиковые аэраторы, трубы из титанового порошка, мелкопузырчатые пористые титановые дисковые аэраторы, тарельчатые пластиковые аэраторы с лазерной насечкой отверстий, дисковые аэраторы, трубчатые аэраторы и др.

К трубчатым аэраторам относятся аэраторы с перфорированными эластичными мембранами, все конструктивные несущие элементы которых выполнены из полимеров (рис. 8.2). Монтаж аэраторов ведется секционным методом. Базовый вариант секции представляет собой металлическую трубу с двумя рядами аэрационных элементов (рис. 8.3). Технические характеристики аэраторов представлены в табл. 8.2 и на рис. 8.4.

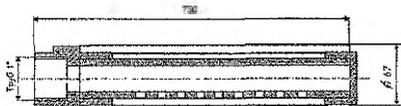


Рис. 8.2 – Трубчатый аэратор с перфорированной эластичной мембраной

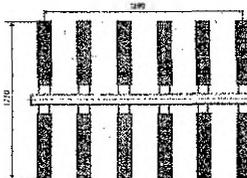


Рис. 8.3 – Базовый вариант секции аэраторов

Таблица 8.2 – Технические характеристики аэратора.

$Q_в,$ $м^3/ч$	$B_б,$ $кг/ч$	ОС (4 м) $гО_2/м^3·ч$	$B_н,$ $кг/ч$	$K_{ис},$ $%$	$\mathcal{E},$ $кгО_2/кВт·ч$
2,0	1,41	75,9	0,09	8,52	2,41
4,0	1,95	66,8	0,16	8,21	2,22
6,0	2,35	58,3	0,20	8,09	2,10
8,0	2,82	51,8	0,23	7,80	2,05
10,0	3,08	47,85	0,27	7,43	1,97

Обозначения: $B_н, B_б$ – производительность по кислороду нетто и брутто, кг/ч; $Q_в$ – расход воздуха, $м^3/ч$; $K_{ис}$ – коэффициент использования кислорода воздуха, %; \mathcal{E} – эффективность аэрации, $кгО_2/кВт·ч$; ОС – окислительная способность, $гО_2/м^3·ч$

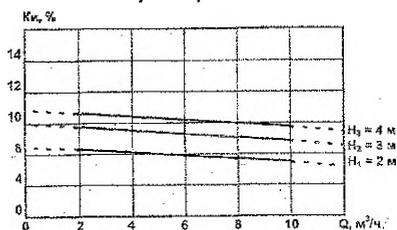


Рис. 8.4 – Зависимость коэффициента использования кислорода от расхода воздуха

Последовательность расчета системы аэрации коридорных аэротенков

1. Удельный расход воздуха q_{air} , m^3/m^3 очищаемой воды, при пневматической системе аэрации надлежит определять по формуле:

$$q_{air} = \frac{q_0 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_a - C_0)}, \quad (8.7)$$

где q_0 - удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК_{полн.}, принимаемый при очистке до БПК_{полн.} 15-20 мг/л - 1,1; при очистке до БПК_{полн.} свыше 20 мг/л - 0,9;

K_1 - коэффициент, учитывающий тип аэратора, для мелкопузырчатой аэрации принимается в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка f_{az}/f_{at} , по табл. 8.3; для среднепузырчатой и низконапорной $K_1 = 0,75$;

K_2 - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов $h_a = H_{at} \cdot 0,2$ и принимаемый по табл. 8.4;

Таблица 8.3 – Параметры для расчета удельного расхода воздуха в зависимости от соотношения f_{az}/f_{at}

f_{az}/f_{at}	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
K_1	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2	2,13	2,3
K_3	0,59	0,59	0,64	0,66	0,72	0,77	0,88	0,99
$J_a \text{ max}, M^3/(M^2 \cdot ч)$	5	10	20	30	40	50	75	100

Таблица 8.4 – Параметры для расчета удельного расхода воздуха в зависимости от глубины погружения аэраторов

h_a, M	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
K_2	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1	2,08	2,52	2,92	3,3
$J_a \text{ min}, M^3/(M^2 \cdot ч)$	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

K_T - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20), \quad (8.8)$$

где T_w - среднемесячная температура воды за летний период, °С;

K_3 - коэффициент качества воды, для городских сточных вод 0,85; при наличии СПАВ принимается в зависимости от величины f_{az}/f_{at} по табл. 8.3, для производственных сточных вод - по опытным данным, при их отсутствии допускается принимать $K_3 = 0,7$;

C_a - растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T, \text{ мг/л}, \quad (8.9)$$

где C_T - растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, принимаемая по справочным данным, табл. 8.5.

Таблица 8.5 – Растворимость кислорода в чистой воде при давлении 0,1 МПа

Температура, °С	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$C_T, \text{ мг/л}$	12,79	11,27	10,75	10,26	9,82	9,4	9,02	8,67	8,33	8,02	7,72

C_0 - средняя концентрация кислорода в азротенке, мг/л, в первом приближении C_0 допускается принимать 2 мг/л.

2. Интенсивность аэрации I_a , $M^3/M^2 \cdot \text{ч}$

$$I_a = \frac{q_{\text{air}} \cdot H_{\text{at}}}{t_{\text{at}}}, M^3/M^2 \cdot \text{ч}, \quad (8.10)$$

где H_{at} - рабочая глубина азротенка, м.

t_{at} - период аэрации, ч.

Проверяем условие $I_{\text{min}} \leq I_a \leq I_{\text{max}}$. Если вычисленная интенсивность аэрации свыше $J_{a,\text{max}}$ для принятого значения K_1 , необходимо увеличить площадь аэрируемой зоны; если менее $J_{a,\text{min}}$ для принятого значения K_2 - следует увеличить расход воздуха, приняв $J_{a,\text{min}}$ по табл. 8.4.

3. Общий расход воздуха

$$Q_{\text{air}} = q_{\text{air}} \cdot q_4, M^3/\text{час} \quad (8.11)$$

4. Принимается тип пневматических азраторов и определяется количество азраторов.

4.1. Общее число азраторов $N_{\text{ма}}$ для азротенков следует определять по формуле:

$$N_{\text{ма}} = \frac{q_0 \cdot (L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}) \cdot W_{\text{at}}}{1000 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot \left(\frac{C_a - C_0}{C_a} \right) \cdot t_{\text{at}} \cdot Q_{\text{ма}}}, \text{ шт.}, \quad (8.12)$$

где $W_{\text{ат}}$ - объем сооружения, M^3 ;

$Q_{\text{ма}}$ - производительность азратора по кислороду, кг/ч.

$$Q_{\text{ма}} = \frac{B_0 \cdot K_u}{100}, \text{ кг/ч}, \quad (8.13)$$

где B_0 - производительность по кислороду брутто, кг/час, принимается по паспортным данным в зависимости от расхода воздуха на один азратор $Q_{\text{в}}$, $M^3/\text{час}$;

K_u - коэффициент использования кислорода воздуха, %, принимается по паспортным данным.

$t_{\text{ат}}$ - продолжительность пребывания жидкости в сооружении, ч.

Значения остальных параметров следует принимать по формуле (8.18).

4.2. Количество азраторов в одном коридоре

$$N_a^k = \frac{N_{\text{ма}}}{n_c \cdot n_k}, \text{ шт.}, \quad (8.14)$$

где n_c - количество секций азротенка;

n_k - количество коридоров азротенка.

4.3. Если азраторы группируются в базовые секции, то задаемся количеством аэрационных элементов в одной базовой секции $N_a^c = 10 \dots 24$.

4.4. Количество базовых секций в одном коридоре

$$N_c^k = \frac{N_a^k}{N_a^c}, \text{ шт.} \quad (8.15)$$

4.5. Фактическое количество воздуха, подаваемое в сооружение,

$$Q_{\text{air}}^{\text{факт}} = N_c^k \cdot N_a^c \cdot n_k \cdot n_c \cdot Q_{\text{в}}, M^3/\text{час} \quad (8.16)$$

Задача №8.2. Рассчитать количество мелкопузырчатых трубчатых аэраторов и расход воздуха на станции аэрации при следующих исходных данных. На очистных сооружениях запроектировано четыре четырехкоридорных аэротенка-вытеснителя с регенератором длиной одного коридора $l_a = 78$ м, шириной $B = 6$ м и рабочей глубиной $H = 4,4$ м. Среднесуточный расход воды $Q_{\text{воды}} = 50100$ м³/сут., коэффициент максимальный неравномерности $K_{\text{гел. max}} = 1,5$. Концентрация загрязнений по БПК_{полн.} в исходной воде $L_{\text{исл}} = 210$ мг/л, в очищенной - $L_{\text{ок}} = 15$ мг/л, температура сточной воды $T = 18^\circ\text{C}$. Период аэрации $t_{\text{аэ}} = 4$ ч, продолжительность регенерации $t_r = 10$ ч, степень рециркуляции активного ила $R_i = 0,5$.

9. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И СУШКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Метод механического обезвоживания осадка позволяет полностью механизировать и автоматизировать процесс обезвоживания осадка, высвободить значительные площади земли, требующиеся для иловых площадок, исключить зависимость сушки осадка от климатических условий, улучшить санитарное состояние территорий, расположенных рядом с очистными станциями.

На очистных станциях применяют следующие способы механического обезвоживания: вакуум-фильтрование, центрифугирование и фильтр-прессование.

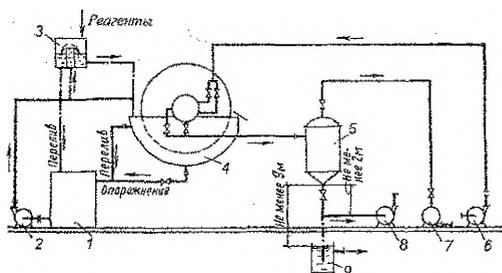
9.1. Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием

Механическое обезвоживание осадков сточных вод на вакуум-фильтрах в настоящее время находит применение на станциях средней и большой производительности. Наибольшее распространение для обезвоживания сброженного осадка получили барабанные вакуум-фильтры типа БОУ, а для обезвоживания сырого осадка и активного ила – барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном типа Б_{ок}ОУ.

Аэробно сброженные осадки сточных вод имеют высокое удельное сопротивление, что затрудняет процесс обезвоживания их на вакуум-фильтрах. Поэтому сброженный осадок перед вакуум-фильтрованием подвергается промывке с последующим уплотнением и обработке химическими реагентами.

Обезвоживание сырых осадков, имеющих более низкое удельное сопротивление, чем сброженные, на вакуум-фильтрах более эффективно. В связи с этим технологический процесс предварительной обработки сырых осадков значительно упрощается – отпадает необходимость в их промывке и уплотнении.

Технологическая схема вакуум-фильтровальной установки представлена на рис. 9.1.



- 1 – резервуар для осадка;
- 2 – насос для подачи осадка;
- 3 – дозатор; 4 – вакуум-фильтр;
- 5 – ресивер; 6 – воздуходувка;
- 7 – вакуум-насос; 8 – насос для откачки фильтрата;
- 9 – резервуар гидравлического затвора

Рис. 9.1 – Типовая схема установки барабанного вакуум-фильтра

В качестве реагентов при коагулировании осадков городских сточных вод следует применять хлорное железо или сернокислое окисное железо и известь в виде 10%-ных растворов.

Добавку извести в осадок следует предусматривать после введения хлорного или сернокислого окисного железа.

Количество реагентов следует определять в расчете по $FeCl_3$ и CaO , при этом их дозы при вакуум-фильтрации надлежит принимать по таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Дозы реагентов при вакуум-фильтрации осадков городских сточных вод

Вид осадка	Доза реагента, % к массе сухого вещества осадка	
	$FeCl_3$	CaO
Сброженный осадок первичных отстойников	3-4	8-10
Сброженная промытая смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила	4-6	12-20
Сырой осадок первичных отстойников	1,5-3	6-10
Смесь осадка первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила	3-5	9-13
Уплотненный избыточный ила из аэротенков	6-9	17-25

Примечания:

1. Большие значения доз реагентов надлежит принимать для осадка, сброженного при термофильном режиме.
2. При обезвоживании аэробно стабилизированного осадка доза реагентов на 30% менее дозы для мезофильно сброженной смеси.
3. Доза $Fe_2(SO_4)_3$ во всех случаях увеличивается по сравнению с дозами хлорного железа на 30-40%.
4. При обезвоживании осадка на камерных фильтр-прессах доза извести принимается во всех случаях на 30% более.

Доза $Fe_2(SO_4)_3$ во всех случаях увеличивается по сравнению с дозами хлорного железа на 30-40%.

Расход хлорного железа по чистому $FeCl_3$ составит:

$$P_{ж} = \frac{V_{общ} \cdot (100 - P) \cdot B}{100 \cdot 100}, \text{ т/сут.}, \quad (9.1)$$

где $V_{общ}$ – общий расход смеси сырого осадка и избыточного активного ила, $м^3/сут.$;

P – влажность смеси, %;

B – доза коагулянта $FeCl_3$, %.

Значения $V_{обц.}$, P и B принимаются из расчетов сооружений в зависимости от технологической схемы обработки осадка. Расход хлорного железа по товарному продукту при содержании чистого хлорного железа 60% составит:

$$P_{\gamma} = \frac{P_{*}}{0,6}, \text{ т/сут.} \quad (9.2)$$

Расчет количества извести по чистому CaO и по товарному продукту ведется по тем же формулам. Содержание активной извести в товарном продукте составляет 70%.

Технологические схемы приготовления хлорного железа и извести представлены на рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4. Расчет реагентного хозяйства хлорного железа и извести по данным схемам приведен соответственно в п. 2.1.4 и 2.2.4 данных методических указаний.

Таблица 9.2 – Производительность вакуум-фильтров и фильтр-прессов

Характеристика обрабатываемого осадка	Производительность, кг сухого вещества осадка на 1 м ² поверхности фильтра в 1ч		Влажность кека, %	
	вакуум-фильтров	фильтр-прессов	при вакуум-фильтровании	при фильтр-прессовании
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 уплотнённого активного ила	20-30	5-12	75-80	62-75
Уплотнённый активный ил станций аэрации населенных пунктов	8-12	2-7	85-87	80-83
Примечание. Для вакуум-фильтрования сырых осадков надлежит предусматривать барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном.				

Основные технические характеристики барабанных вакуум-фильтров марки БОУ и БОУ_{сх.} представлены в табл. 9.3.

Расчет вакуум-фильтровальной установки заключается в определении количества оборудования для механического обезвоживания, его марки, типа, а также в подборе вспомогательного оборудования (см. рис. 9.1).

Рабочая площадь вакуум-фильтров определяется по формуле:

$$F = \frac{W_{oc} \cdot (100 - P_3) \cdot 1000}{100 \cdot q \cdot T_1}, \text{ м}^2, \quad (9.3)$$

где W_{oc} – объем осадка, подаваемого на обезвоживание, м³/сут.;

P_3 – влажность осадка, подаваемого на обезвоживание, %;

T_1 – время работы вакуум-фильтров в сутки;

q – часовая пропускная способность вакуум-фильтра по сухому веществу осадка кг/м²·час (принимается по табл. 9.2).

Расход кека, образующегося в течение суток, составит:

$$W_k = \frac{W_{oc} \cdot (100 - P_3)}{100 - P_2}, \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (9.4)$$

где P_2 – влажность обезвоженного осадка, %, принимается по табл. 9.1

Расход образующегося фильтрата:

$$Q_\phi = W_{oc} - W_k, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (9.5)$$

Фильтрат рекомендуется направлять в камеру промывки, так как содержащиеся в нем непрореагированные коагулянты способствуют снижению концентрации взвеси в сливной воде илоуплотнителей промытого осадка.

Таблица 9.3 – Технические характеристики барабанных вакуум-фильтров

Марка	Поверхность фильтра- ции, м ²	Скорость вращения, об/мин	Размеры бара- бана, мм		Мощность привода, кВт		Вес, кг		
			диаметр	длина	барабана	мешалки	фильтра с при- водом	наиболее тяже- лого узла (ба- рабана)	жидкости в ко- рыте
Барабанные									
БОУ-5-1,75	5	0,1-1,8	1750	960	1	1	4200	2350	130
БОУ-10-2,6	10	0,13-2	2600	1350	1,7	1,7	8000	24650	2700
БОУ-20-2,6	20	0,13-2	2600	2700	2,8	2,8	13100	8930	4200
БОУ-40-3	40	0,28-1,72	3000	4400	2,8	2,8	14200	10300	5500
Барабанные со сходящим полотном									
БсхОУ-1-1	1	0,1-2	1000	400	0,6	0,6	900	300	-
БсхОУ-3-1,75	3	0,1-2	1750	500	1	1	2200	610	-
БсхОУ-5-1,75	5	0,1-2	1750	1000	1	1	2400	640	-
БсхОУ-20-2,0	20	0,1-2	2600	2700	2,8	2,8	12000	7065	-
БсхОУ-40-3,4	40	0,08-1,45	3400	3800	8	5,5	25100	9285	-

Вакуум-насосы. Для комплектования вакуум-фильтровальных установок применяются вакуум-насосы различных типов. Наибольшее распространение получили водокольцевые вакуум-насосы типа ВВН, не требующие тщательной очистки отсасываемого воздуха от фильтрата. Подбор типа и числа вакуум-насосов производится исходя из удельной нормы расхода отсасываемого воздуха, равной $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^2 поверхности фильтра в 1 мин. при вакууме 50-70%. Подбор вакуум-насосов осуществляется по таблицам 4.29 – 4.31 и 7.15 [2].

Воздуходувки. Воздух подается на вакуум-фильтры для отдувки кека. Тип воздуходувки может быть использован любой. Подбор типа и числа воздуходувки производится исходя из удельной нормы расхода сжатого воздуха, равной $0,1 \text{ м}^3$ на 1 м^2 поверхности фильтра в 1 мин. Могут быть применены водокольцевые воздуходувки (необходимо устанавливать с водоотделителями) типа ВК (табл. 4.28 – 4.31 [2]) и воздуходувки типа ТВ (табл. 4.26 – 4.27 [2]).

Ресивер. Ресиверы предназначаются для отделения фильтрата от воздуха. Каждый вакуум-фильтр оборудуется ресивером. Техническая характеристика ресиверов представлена в таблице 7.14 [2].

Насосы. Откачка фильтрата из ресивера производится центробежными насосами. Наиболее часто применяются насосы типов К, СМ и вихревые. Производительность насоса выбирается без излишнего запаса, так как при недостатке жидкости в ресивере наблюдается явление кавитации. Насосы устанавливаются под залив.

Вакуум-фильтры по требованию заказчика могут поставляться комплектом со вспомогательным оборудованием (табл. 9.4), а также и без него.

Таблица 9.4 – Подбор вспомогательного оборудования для для вакуум-фильтров типа БОУ (БсхОУ)

Площадь фильтрации, м^2	Производительность по всасываемому объему, $\text{м}^3/\text{мин}$ на 1 м^2 поверхности		Ресивер	
	вакуум-насоса	воздуходувки	объем, м^3	диаметр, мм
10	0,5-2	0,2-0,5	1	900
20			2,5	1200
40			4	1400
При вакууме 70%				

9.2. Обезвоживание осадков центрифугированием

Обезвоживанию методом центрифугирования могут подвергаться осадки из первичных отстойников, активный ил из вторичных отстойников и их смеси, сброженные осадки из метантенков и аэробно стабилизированные осадки.

Центрифугирование является высокоэффективным методом обезвоживания осадков, его применение целесообразно для станций пропускной способностью до $100 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$

Достоинства центрифугирования – простота и экономичность процесса, низкая влажность обезвоженного осадка (кека), возможность работы без применения реагентов.

Центрифугирование без применения коагуляции осадков химическими реагентами позволяет получать кек влажностью 50-80%, но вынос взвеси с фугатом при этом достигает 40-60% сухого вещества осадка (по массе).

Обезвоживание осадков сточных вод осуществляется с использованием непрерывно действующих осадительных центрифуг со шнековой выгрузкой кека (типа ОГШ) или же с использованием импортного оборудования (фирм KND HUMBOIDT WEDAG, Alfa Lava 1 и т.д.).

Подбор оборудования для центрифугирования осадка заключается в определении типа и числа оборудования (рабочего и резервного), а также в определении количества образующегося кека и фильтрата.

Количество осадка по сухому веществу составляет:

$$P_{\text{сyx}} = W_{\text{ос}} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right), \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (9.6)$$

где $W_{\text{ос}}$ и P – соответственно расход, $\text{м}^3/\text{сут}$, и влажность, %, осадка подаваемого на обезвоживание.

Определяем тип центрифуги, ее производительность (q , $\text{м}^3/\text{ч}$) по осадку, а также количество рабочих и резервных единиц.

Продолжительность работы центрифуг составит

$$t = \frac{W_{\text{ос}}}{N \cdot q}, \text{ ч/сут.}, \quad (9.7)$$

где N – количество рабочих центрифуг, шт.

Расход обезвоженного осадка (кека):

- по массе сухого вещества:

$$P_1 = \frac{P_{\text{сyx}} \cdot \Theta}{100}, \text{ т/сут.}, \quad (9.8)$$

где Θ – эффективность задержания сухого вещества, %, принимается по табл. 9.5.

Таблица 9.5 – Эффективность задержания сухого вещества и влажность кека

Характеристика обрабатываемого осадка	Эффективность задержания сухого вещества, %	Влажность кека, %
Сырой или сброженный осадок из первичных отстойников	45-65	65-75
Анаэробно сброженная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	25-40	65-75
Аэробно стабилизированная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	25-35	70-80
Сырой активный ил при зольности, %:		
28-35	10-15	75-85
38-42	15-25	70-80
44-47	25-35	60-75
Примечание. Центрифугирование активного ила целесообразно применять для удаления его избыточного количества.		

- по объему:

$$Q = \frac{P_1}{\rho \cdot \left(1 - \frac{P_k}{100}\right)}, \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (9.9)$$

где P_k – влажность кека, принимается по табл. 9.4;

ρ – плотность кека, для расчетов принимается равной 0,85 г/м³.

Расход фугата:

- по массе сухого вещества: $P_2 = P_{\text{сух}} - P_1, \text{ т} / \text{сут.}, \quad (9.10)$

- по объему: $Q_2 = W_{\text{ос.}} - Q, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (9.11)$

Подача осадка на центрифугу типа ОГШ осуществляется самотеком из резервуара-регулятора.

Технические характеристики центрифуг типа ОГШ представлены в табл. 9.6

Таблица 9.6 – Технические характеристики центрифуг типа ОГШ для обезвоживания сточных вод

Параметр	Марка центрифуги		
	ОГШ-325К-3	ОГШ-501К-6	ОГШ-630Н-2
Производительность по исходному осадку, м ³ /ч			
- для сырого и сброженного осадка	4	7-10	30
- для активного ила	5-6	12-14	
Наибольший рабочий диаметр ротора, мм	2325	500	630
Отношение длины ротора к диаметру	1,64	1,8	3,76
Частота вращения, об/мин	3000, 3500	2000, 2300, 2050	2000
Фактор разделения на наибольшем диаметре ротора	1530, 2200	1100, 1480, 1960	1415
Мощность главного электродвигателя, кВт	7,5	30,	100
Масса (без вспомогательного оборудования), кг	580	2360	11700

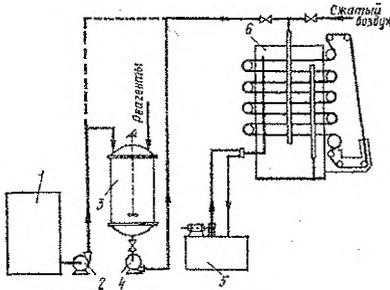
9.3. Обезвоживание осадков фильтр-прессованием

Для глубокого обезвоживания осадков сточных вод применяют фильтр-прессы. Механическое обезвоживание на фильтр-прессах позволяет получить осадок с самой низкой влажностью 42-56%. Фильтр-прессы рекомендуется применять в схемах, где конечной стадией обработки являются сушка, сжигание или утилизация, при которых требуется получение осадков с максимально низкой влажностью.

Показатели работы фильтр-прессов значительно улучшаются при реагентной обработке осадков и добавлении присадочного материала, в качестве которого может использоваться зола от сжигания осадков.

Различают рамные, камерные, мембранно-камерные, ленточные, барабанные и винтовые (шнековые) фильтр-прессы.

Среди камерных фильтр-прессов широкое распространение получили фильтр-прессы ФПАКМ. Техническая характеристика фильтр-пресса ФПАКМ приведена в таблице 9.7, схема установки - на рис. 9.2.



1 – резервуар для осадка; 2 – насос для подачи осадка; 3 – резервуар для смешения осадка с реагентами; 4 – насос для подачи осадка на фильтр; 5 – водонасосная станция; 6 – фильтр-пресс

Рис. 9.2 – Схема установки фильтр-пресса типа ФПАКМ

Таблица 9.7 – Техническая характеристика фильтр-пресса ФПАКМ

Показатели	Марка фильтр-пресса				
	ФПАКМ-2,5У	ФПАКМ-5У	ФПАКМ-10У	ФПАКМ-25У	ФПАКМ-50У
Площадь поверхности фильтрования, м ²	2,5	5	10	25	50
Зазор между плитами, мм	45	45	45	45	45
Рабочее давление, кг/см ²	12	12	12	12	12
Число фильтрующих плит	6	6	12	16	20
Ширина фильтрующей ткани, мм	700-750	845-920	845-920	1100-1200	1450
Габаритные размеры, мм	2660×1760× ×2750	3375×2000× ×2780	3375×2000× ×3525	3780×2150× ×4240	5000×2930× ×5550
Масса, кг:					
- фильтр-пресса без оборудования	4770	6900	8670	14280	23305
- фильтр-пресса с комплектующим оборудованием	6300	8400	10200	16800	25930

В настоящее время широкое распространение получили фильтр-прессы зарубежных производителей: фирмы Andritz AG (Netzsch, Rittershaus & Blecher), MSE Filterpressen (Германия), Diefenbach (Италия), Envites (Чехия) и другие.

Необходимая рабочая площадь фильтр-прессов составит:

$$F = \frac{W_{oc} \cdot (100 - P_1) \cdot 1000}{100 \cdot q \cdot T}, \text{ м}^2, \quad (9.12)$$

где W_{oc} – объем осадка подаваемого на обезвоживание, м³/сут.;

P_1 – влажность подаваемого осадка, %;

T – продолжительность работы фильтр-пресса в сутки, час;

q – пропускная способность фильтр-пресса, кг/(м² · час), принимается по табл. 9.2.

Объем образующегося кека составит:

$$W_k = \frac{W_{oc} \cdot (100 - P_1)}{100 - P_2}, \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (9.13)$$

где P_2 – влажность кека, %, принимается по табл. 9.1.

Расход фильтрата:

$$Q_f = W_{oc} - W_k, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (9.14)$$

При определении количества резервного оборудования необходимо руководствоваться требованиями п. 6.385 [5].

9.4. Термическая обработка обезвоженных осадков

Полученный в результате механического обезвоживания осадок содержит 42-80% воды. При значительных количествах осадка на станции возникают проблемы по его хранению, утилизации и транспортированию. Термическая обработка осадка производится в тех случаях, когда требуется его обеззараживание и дальнейшее снижение влажности.

Для очистных станций пропускной способностью до 30 тыс. м³/сут. термическую обработку целесообразно производить в камерах дегельминтизации (КДГМ). При большей пропускной способности предусматривается термическая сушка осадка, которая производится в различных сушильных установках: барабанных сушилках, сушилках с кипящим слоем, сушилках со встречными струями, а также в вакуум-сушилках.

Подбор сушилок следует производить исходя из производительности по испаряемой влаге с учетом паспортных данных оборудования. Технические характеристики сушилок представлены в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Технические характеристики сушилок

Показатели	Тип сушилки	
	Барабанная сушилка	Сушилка со встречными струями СВС-3,5/5
Производительность по испаряемой влаге, т/ч	0,3-15	3,5-5
Влажность осадков, подаваемых на сушку, %	≤80	60-65
Влажность высушенного осадка, %	30-35	30-35
Температура газов, °С:		
- на входе в барабан (сушильную камеру)	700-800	700-800
- на выходе из барабана (циклонов)	200-220	120-130
Удельный расход на 1 кг испаряемой влаги:		
- тепла, ккал	1100-1200	900
- электроэнергии, кВт·ч	0,03	0,07-0,08

Количество осадка в пересчете на сухое вещество:

$$Q_{\text{см.сух.}} = \frac{W_{\text{ос}} \cdot (100 - P)}{100}, \text{ т}, \quad (9.15)$$

где $W_{\text{ос}}$ и P – соответственно расход, т/сут, и влажность, %, смеси подаваемой на обезвоживание.

Увеличение массы сухого осадка за счет вводимых реагентов (FeCl_3 и CaO) составляет 5%, т.е.: $Q_{\text{сух.}} = Q_{\text{см.сух.}} + 0,05 \cdot Q_{\text{см.сух.}}$, т.

Количество влаги в кеке, подаваемом на сушку:

$$B_1 = \frac{Q_{\text{сух.}} \cdot W_k}{100 - W_k}, \text{ т/сут.}, \quad (9.16)$$

где W_k – влажность кека, %.

Количество влаги осадка после термической сушки:

$$B_2 = \frac{Q_{\text{сух.}} \cdot W_c}{100 - W_c}, \text{ т/сут.}, \quad (9.17)$$

где W_c – влажность осадка после термической сушки, принимается 30-40%.

Количество испаряемой влаги:

$$\Delta B = B_1 - B_2, \text{ т/сут.} \quad (9.18)$$

Продолжительность работы сушилки:

$$T = \frac{\Delta B}{q_i} \quad (9.19)$$

где q_i – производительность сушильного аппарата, т/сут.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой сыпучий материал.

10. ПОДБОР ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подъемно-транспортное оборудование в водопроводно-канализационных сооружениях служит в основном для монтажа и демонтажа насосов, электродвигателей, задвижек, трубопроводов, технологических аппаратов и устройств, а также для производства ремонтных работ. В зданиях реагентных хозяйств работа грузоподъемных механизмов связана также с перегрузкой реагента со склада в затворные баки, транспортированием баллонов и бочек с хлором со склада в дозаторные и т.д.

Тип подъемно-транспортного оборудования (лебедки, тали, кошки, подвесные кран-балки, краны мостовые) должен выбираться с учетом габаритов сооружения, компоновки технологического оборудования, его габаритов и максимального веса поднимаемого оборудования. Необходимо также учитывать степень нагрузки оборудования и периодичность его использования, а также безопасность подъемно-транспортных операций.

Для монтажа, ремонта и демонтажа оборудования, арматуры и трубопроводов следует предусматривать следующее подъемно-транспортное оборудование с ручным приводом:

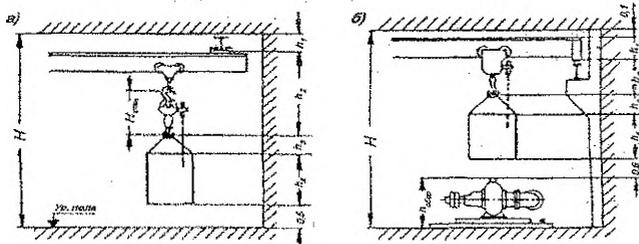
при весе узлов до 1 т (вкл.) – кошку по монорельсу или подвесную кран-балку;

при весе узлов до 5 т (вкл.) – подвесную кран-балку;

при весе узлов более 5 т – мостовой кран.

При подъеме оборудования на высоту 6 м и более или при длине машинного зала 18 м и более, или при весе оборудования более 5 т рекомендуется применение электрических кран-балок или мостовых электрических кранов.

Электроприводы для подъемно-транспортного оборудования следует применять также в тех случаях, когда работа грузоподъемных механизмов связана с ежедневными частыми технологическими операциями.



а – подвесная кран-балка; б – мостовой кран

Рис. 10.1 – Схемы размещения грузоподъемных устройств внутри сооружений

Размеры и вес кран-балок подвесных ручных приведены в табл. 9.10, 9.11 [2], электрических – табл. 9.12 [2], кранов мостовых ручных – табл. 9.14 [2], кранов мостовых электрических – табл. 9.15 [2].

При подборе подъемно-транспортного оборудования необходимо определить высоту помещения. Помещения, оборудованные подвесной кран-балкой (рис. 10.1, а), должны иметь высоту

$$H \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5, \text{ м}, \quad (10.1)$$

где h_1 – высота монорельса кран-балки с учетом конструкции подвески его к перекрытию;

h_2 – минимальная высота от крюка до монорельса;

h_3 – высота строповки груза, принимаемая равной 0,5 – 1 м;

h_4 – высота груза;

0,5 – высота от груза до пола или до установленного оборудования.

Если необходимо перемещать груз над установленным оборудованием, в формулу (10.1) вводится дополнительная высота установленного оборудования $h_{\text{оборуд.}}$.

Высота подъема – расстояние от пола машинного помещения до оси крюка подъемно-транспортного устройства.

Помещения, оборудованные мостовым краном (рис. 10.1, б), должны иметь высоту

$$H \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_{\text{оборуд.}} + 0,5 + 0,1, \text{ м}, \quad (10.2)$$

где h_1 – высота крана над головкой подкранового рельса;

h_2 – минимальная высота от крюка до головки рельса;

0,1 – расстояние по высоте от низа перекрытия до верха балки крана.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02 – 84 – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

2. Трубы, арматура и оборудование водопроводно-канализационных сооружений. А.С.Москвитин, В.И.Махров, Е.В.Авдеев [и др.]; под ред. А.С. Москвитина – М.: Стройиздат, 1970. – 528 с., ил. – (Справочник по специальным работам).

3. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. А.С. Москвитин, Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик, Р.Г. Шагири; под ред. А.С. Москвитина – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с., ил. – (Справочник монтажника).

4. Николадзе, Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения; учеб. пособие по спец. "Водоснабжение и канализация" для вузов / Г.И. Николадзе, Д.М. Минц, А.А. Кастальский – М.: Высш. шк., 1984. – 368 с., ил.

5. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03 – 84 – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.

6. Лапицкая, М.П. Очистка сточных вод (примеры расчетов) / М.П. Лапицкая [и др.] – Минск: Высшая школа, 1983. – 232 с.

7. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Условное обозначение арматуры на чертежах и в документах. Выбор трубопроводной арматуры.....	4
2. Расчет и подбор оборудования для приготовления растворов реагентов. Определение площади складов реагентов.....	7
2.1. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства коагулянта.....	7
2.2. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства для подщелачивания воды.....	11
2.3. Расчет и подбор оборудования реагентного хозяйства флокулянта ПАА.....	17
2.4. Определение площади складов реагентов при "сухом" хранении.....	18
3. Расчет и подбор дозаторов реагентов.....	19
3.1. Поплавковый дозатор.....	19
3.2. Шайбовый дозатор.....	20
3.3. Насос-дозатор.....	21
3.4. Дозатор известкового молока типа ДИМБА.....	23
4. Расчет и подбор воздуходувок и расчет воздухопроводов для реагентных хозяйств.....	23
5. Расчет обеззараживающих установок.....	25
5.1. Обеззараживание воды хлором.....	25
5.2. Обеззараживание воды гипохлоритом натрия.....	28
6. Расчет и подбор съемных и ленточных вращающихся со- роудерживающих сеток.....	30
7. Расчет и подбор гидрозлеваторов и эрлифтов.....	33
7.1. Водоструйные насосы (гидрозлеваторы).....	33
7.2. Эрлифты.....	37
8. Расчет и подбор оборудования для сооружений биологической очистки сточных вод.....	39
8.1. Оборудование биофильтров.....	39
8.2. Оборудование азротенков.....	41
9. Сооружения для механического обезвоживания и сушки осадков сточных вод.....	44
9.1. Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием.....	44
9.2. Обезвоживание осадков центрифугированием.....	48
9.3. Обезвоживание осадков фильтр-прессованием.....	50
9.4. Термическая обработка обезвоженных осадков.....	52
10. Подбор подъемно-транспортного оборудования.....	53
Список используемых источников.....	54

Учебное издание

Составители:

Акулич Татьяна Ивановна
Власюк Людмила Николаевна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения практических занятий по дисциплине
“Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод”
для студентов специальности 1 - 70 04 03
“Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов”

Ответственный за выпуск: **Акулич Т.И.**
Редактор: **Строкач Т.В.**
Компьютерная верстка: **Боровикова Е.А.**
Корректор: **Никитчик Е.В.**

Подписано к печати 27.01.2010 г. Формат 60x84¹/₁₆. Гарнитура Arial.
Бумага «Снегурочка»: Усл. п.л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,5. Заказ № 97.
Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет»,
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.