

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**для выполнения курсового проекта “
Водопроводная очистная станция” и для проведения
практических занятий по дисциплинам “
Водоснабжение” и “ТОПВ”
для студентов заочной и дневной формы обучения
специальности 70.04.03 – “ Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов”**

Брест 2002

УДК 628.

Методические указания подготовлены для студентов дневной и заочной формы обучения, изучающих курс “Водоснабжения” и “ТОПВ”.

Настоящие указания содержат общие сведения о выборе методов водоподготовки и состава сооружений на основании регламента нормативных документов, а также включают методики и расчетные формулы технологического расчета сооружений.

Составители: Т.М.Лысенкова, доцент, к.т.н.
М.Л.Покало, ассистент
Т.И.Головач, ассистент

Рецензент:

Учреждение образования
© Брестский государственный технический университет 2002

СОДЕРЖАНИЕ

с.

Введение.....	
1. Общие положения.....	
1.1. Объем графической части проекта и пояснительной записки	
2. Предпосылки и обоснования для выбора технологической схемы очистки воды.....	
2.1. Выбор и обоснование методов очистки воды.....	
2.2. Расчет данных для выбора технологической схемы.....	
2.3. Выбор и обоснование технологической схемы очистки воды и состава сооружений. Составление высотной схемы расположе- ния сооружений водоочистной станции.....	
3. Расчет сооружений реагентного хозяйства.....	
3.1. Сооружения для приготовления коагулянта.....	
3.2. Сооружения для приготовления флокулянта.....	
3.3. Сооружения для приготовления подщелачивающего реагента.....	
3.4. Дозирование реагентов.....	
4. Смесительные устройства.....	
5. Камеры хлопьеобразования.....	
6. Отстойники.....	
7. Осветлители со слоем взвешенного осадка.....	
8. Осветлительные фильтры.....	
9. Контактные осветлители.....	
10. Сооружения для обеззараживания воды.....	
11. Сооружения для дезодорации воды.....	
12. Сооружения для обработки промывных вод от осветлитель- ных фильтров и контактных осветлителей (рис. с отстойником)	
13. Основные положения компоновки водоочистных станций....	
14. Составление генплана площадки очистных сооружений.....	
15. Расчет резервуаров чистой воды.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
Литература.....	

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания посвящены вопросам проектирования и расчета очистных сооружений в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения и предназначены для студентов специальности 70.04.03 - “ Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов” очной и заочной форм обучения.

Методические указания рекомендованы к использованию при проведении практических занятий и выполнению курсового проекта “ Водопроводная очистная станция” по дисциплинам “ Водоснабжение” и “ ТОПВ”.

Методические указания содержат общие сведения о выборе методов водоподготовки и состава сооружений на основании регламента нормативных документов [1,2], а также включают методики и расчетные формулы технологического расчета сооружений.

Методические указания могут быть использованы при выполнении дипломных проектов студентами специальности 70.04.03 – “ Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов”.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Объем графической части проекта и пояснительной записки

В соответствие с учебной программой дисциплин “ Водоснабжение” и “ Технология очистки природных вод” в состав курсового проекта входит пояснительная записка и чертежи.

Графическая часть проекта выполняется на 2^x листах формата А1 и включает:

- технологическую схему обработки воды с высотной проработкой отметок уровней воды в сооружениях (безмасштабная);
- генплан площадки сооружений второго подъема (М 1:500);
- компоновочный план здания станции водоподготовки (блок основных сооружений), масштаб (М 1:100, 1:200);
- фрагмент детального плана первого этажа фильтровального зала станции водоподготовки (М 1:100);
- продольный или поперечный разрез фильтровального зала станции водоподготовки, М 1:100.

Расчетно-пояснительная записка, составленная в соответствии со стандартом БГТУ, должна включать обоснование принимаемых в проекте технических решений и полные технологические расчеты всех сооружений водоочистной станции, выполненные в соответствии с регламентом [1].

2. ПРЕДПОСЫЛКИ И ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

2.1. Выбор и обоснование методов очистки воды

Качество природной воды, подаваемой в систему х/п водоснабжения должно отвечать требованиям стандарта [5].

Методы улучшения качества воды выбираются в зависимости от физико-химического и бактериологического состава воды в источнике водоснабжения и требований потребителя.

Как правило, вода, забираемая из поверхностных источников водоснабжения, требует осветления, обесцвечивания, обеззараживания и дезодорации.

На современных водопроводных станциях, требующих реализации высокоэффективных технологий, применяют реагентную обработку воды коагулянтами и флокулянтами.

Вода, забираемая из подземных источников, не требует осветления, обесцвечивания, но, в зависимости от региональных особенностей, может требовать корректировки каких-либо показателей химического состава. Например, для региона Республики Беларусь, как правило, обезжелезивания.

Таким образом, на первом этапе проектирования анализируя качество воды в источнике водоснабжения (в соответствии с заданием на проектирование) и сопоставляя его с требованиями стандарта [5], обоснованно принимается общий перечень методов улучшения качества воды.

2.2. Расчёт данных для выбора технологической схемы

Для выбора технологической схемы водоподготовки и последующего расчёта сооружений необходимо в следующей последовательности выполнить подготовительные расчеты:

1. Определяют полную (расчетную) производительность станции ($Q_{расч}$), представляющую сумму расхода воды, идущей на нужды потребителя ($Q_{полез}$) и расхода на собственные нужды станций по формуле:

$$Q_{\text{расч}} = \alpha \cdot Q_{\text{П}} ; \quad (2.1.)$$

где: α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды и принимаемый для ориентировочных расчетов: 1,03 - 1,04 – при повторном использовании вод от промывки фильтров; 1,06 - 1,08 – при сбросе вод от промывки фильтров в канализацию.

2. Определяют необходимость обработки воды реагентами, выбирают вид коагулянта, флокулянта, реагента для подщелачивания.

3. Определяют дозы реагентов по рекомендациям [1] и с учетом данных (гл. 3.).

4. Определяют суммарное количество взвешенных веществ в воде, включающее взвесь природной воды и взвесь, образующуюся при гидролизе коагулянта, при деструкции органических веществ, обуславливающих цветность, и нерастворимых веществ, вводимых с известью (см. расчёт горизонтального отстойника).

2.3. Выбор и обоснование технологической схемы очистки воды и состава сооружений. Составление высотной схемы расположения сооружений водоочистной станции

Основные технологические сооружения станций очистки воды устанавливают в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопровода, производительности станции, а также на основании данных эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях.

Ориентировочный состав сооружений определяют, пользуясь табл.15 [1] в зависимости от качественных показателей исходной воды и полной производительности станции, данных в задании на курсовой проект и определенных подготовительными расчетами. В табл. 15 указаны лишь основные виды сооружений технологической схемы.

Наибольшее распространение в практике водоочистки (особенно в городских водопроводах) имеют схемы очистных сооружений с самотечным движением воды.

Очистные станции водопроводов населенных мест могут осуществляться по одноступенчатым и двухступенчатым схемам.

В зависимости от метода очистки воды в нее должны входить дополнительно целый ряд вспомогательных сооружений. Если очистка воды осуществляется по двухступенчатой схеме, то она включает такие процессы, как коагулированное, отстаивание в отстойных сооружениях, фильтрование и обеззараживание. Поэтому в состав сооружений должны входить смесители, куда вводятся растворы реагентов, приготовляемых в помещении реагентного хозяйства и где происходит смешивание их с водой; камеры

хлопьеобразования, где происходит формирование хлопьев коагулянта; отстойники для выделения взвеси из воды; фильтры для окончательного осветления воды. Затем вода должна быть направлена в резервуар чистой воды для контакта ее с обеззараживающим реагентом и на насосы II-го подъема для подачи потребителю. Тут же необходимо предусмотреть сооружения для оборота промывных вод в виде резервуаров для сбора и накопления промывных вод фильтров и отстойных сооружений.

Для выделения крупных примесей (более 0,5 мм) в схеме должны предусматриваться барабанные сетки с механизированным удалением загрязнений. При наличии в воде планктона более 1000 кл/см³ в схеме должны быть предусмотрены микрофильтры.

Основная схема очистных сооружений может быть дополнена устройствами для устранения запахов и привкусов воды, предварительного (грубого) отстаивания и др.

При очистке воды по одноступенчатой схеме в состав сооружений могут входить аппараты для задержания крупной взвеси и плавающих предметов – барабанные сетки, смесители, контактные осветлители или фильтры, резервуары чистой воды. В этих схемах расход воды на собственные нужды, как правило, превышает нормативные данные и достигает 8-10%, поэтому обязательно необходимо предусмотреть повторное использование промывных вод с целью сокращения расходов воды и предотвращения загрязнения водоемов.

На рис. 1- 6 (приложения) представлены варианты технологических схем очистки природных вод поверхностных и подземных источников водоснабжения.

Для выбранной технологической схемы выполняется высотная проработка взаимного расположения сооружений станции водоподготовки.

По принципу перемещения масс воды в сооружениях различают самотечные и напорные системы.

В самотечных системах поступающая на обработку вода протекает самотеком в результате разницы гидростатических уровней в различных частях сооружений. В напорных системах используются аппараты напорного типа, и вода в них передвигается под давлением, создаваемым насосами I-го подъема.

Применение напорных схем целесообразно на станциях небольшой производительности, для осветления воды в одну ступень, чаще при подготовке воды для промышленных целей.

Для осветления и обесцвечивания воды хозяйственно-питьевого назначения используют самотечные системы. Для самотечного движения воды максимально используется рельеф местности. Это позволяет уменьшить заглубление сооружений, то есть сократить объем земляных работ и

удешевить устройство подземной части сооружений, что снижает строительную стоимость очистной станции.

Высотная схема представляет собой графическое изображение в профиле всех сооружений станции со взаимной увязкой высоты их расположения на местности.

Составление высотной схемы начинают с наиболее низкорасположенного сооружения – резервуара чистой воды (РЧВ). Отметку уровня воды в РЧВ принимают равной $\pm 0,00$ или на 0,5 м выше поверхности земли, учитывая санитарные и экономические соображения. Затем, задаваясь потерями напора в сооружениях и соединительных коммуникациях, находят необходимые отметки уровней воды в отдельных сооружениях.

Для ориентировочных расчетов величины перепадов уровней воды принимают следующие потери напора согласно [1].

Таблица 1

Потери напора в сооружениях и в соединительных коммуникациях

<u>В сооружениях</u>		<u>В соединительных коммуникациях</u>	
На барабанных сетках и микрофильтрах	0,5 . . . 0,7 м	От смесителей к отстойникам	0,3 . . . 0,5 м
В смесителе	0,4 . . . 0,9 м	От смесителей к осветлителям со слоем взвешенного осадка	0,5 м
В отстойниках	0,6 . . . 0,7 м		
В камерах хлопьеобразования	0,4 . . . 0,5 м	От смесителей или входных камер к контактными осветлителям	0,5 . . . 0,7 м
В отстойниках	0,6 . . . 0,7 м	От отстойников или осветлителей со взвешенным осадком к фильтрам	0,5 . . . 1,0 м
В осветлителях со слоем взвешенного осадка	0,7 . . . 0,8 м		
В фильтрах	3,0 . . . 3,5 м	От фильтров или	

		контактных осветлителей к РЧВ	1,0 м
В контактных осветлителях	2,0 . . . 2,5 м		
В медленных фильтрах	1,5 . . . 2,0 м		

Потери напора в измерительной аппаратуре на входе и выходе со станции - по 0,5 м; в индикаторах расхода на отстойниках, осветлителях со слоем взвешенного осадка, фильтрах и контактных осветлителях - по 0,2 . . . 0,3 м. Имея отметки уровней воды в отдельных элементах технологической схемы, при которой гарантируется ее самотечное движение от смесителя до РЧВ, определяют отметки дна сооружений по отношению к поверхности земли. При этом необходимо учитывать возможность самотечного отвода сточных вод и осадков из всех сооружений, условия работы насосов второго подъема и промывных насосов, производство строительных работ и их объем, уровень грунтовых вод и др.

На высотной схеме, кроме основных сооружений, должны быть показаны отметки уровней раствора коагулянта и других реагентов в растворных и расходных баках, отметки оси промывных насосов и насосов для перекачки раствора коагулянта, воздуходувок, вспомогательной арматуры.

Рекомендованные СНиПом [1] потери напора являются ориентировочными и подлежат уточнению после подробного расчета сооружений.

При составлении высотной схемы большое значение имеет правильное определение диаметров труб и размеров каналов на сооружениях очистки воды. Расчет производится по скоростям движения воды в трубопроводах различного назначения, рекомендованным [1].

Таблица 2

Рекомендуемые скорости движения воды в трубопроводах

№ п/п	Трубопроводы и каналы	Расчетные скорости движения воды, м/с
1.	От насосов I-го подъема к смесителю	1 - 1,5
2.	От смесителей к камерам хлопьеобразования, осветлителям со взвешенным осадком, контактными осветлителям	0,8 - 1,0
3.	От камеры хлопьеобразования до отстойников: для мутных вод	

	- для цветных вод -	0,1 0,05
4.	От отстойников (осветлителей) до фильтров	0,8 - 1,2
5.	От фильтров до РЧВ	1,0 - 1,5
6.	В трубах, подводящих промывную воду к фильтрам	1,5 - 2,0
7.	В трубах для отвода промывной воды после фильтров	1,5 - 2,0

В случае, если отметки заложения отдельных сооружений оказываются сильно заниженными, рекомендуется пересмотреть высотную схему, задавшись новой отметкой уровня воды в РЧВ.

3. РАСЧЁТ СООРУЖЕНИЙ РЕАГЕНТНОГО ХОЗЯЙСТВА

3.1. Сооружения для приготовления коагулянта

В качестве коагулянтов в водоподготовке применяются соли алюминия и железа.

Доза коагулянта определяется:

– по цветности (Ц):

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{Ц}, \text{ мг/л} \quad (3.1)$$

– по мутности исходной воды (табл. 16 [1]), и к расчету принимается наибольшее значение.

Приготовление и дозирование растворов коагулянта и флокулянта производится в специальном блоке сооружений, называемым реагентным хозяйством.

В состав сооружений реагентного хозяйства входят:

- 1) баки (растворные и расходные) для приготовления растворов коагулянта, извести, флокулянтов и др.);
- 2) система трубопроводов и насосов для транспортирования растворов;
- 3) система воздухопроводов и воздуходувок для перемешивания и растворения реагентов;
- 4) механизмы для размельчения (дробления) кускового реагента;
- 5) подъемно-транспортные устройства для загрузки реагентов в баки;
- 6) сеть внутреннего водопровода и канализации для подачи воды и отвода образующихся стоков;
- 7) дозирующие устройства.

В современной технологии применяются в основном три варианта высотного расположения баков для приготовления раствора коагулянта и подачи его в обрабатываемую воду.

По первому варианту растворные и расходные баки размещаются в верхних этажах здания очистных сооружений, а реагенты к ним подаются подъемником. Растворы реагентов через дозирующие устройства самотеком поступают в очищаемую воду. Такие схемы применимы при малой производительности станции (до 3 -5 тыс. м³/сут).

По второму варианту растворные баки помещаются внизу, вблизи складов реагентов, а расходные или промежуточные баки – в верхних этажах. Растворы реагентов перекачиваются в верхние баки кислотоупорными насосами и после дозирующих устройств поступают самотеком в воду.

Приготовление растворов по такой схеме возможно, если здание реагентного хозяйства имеет значительную высоту, и в нем предусмотрены поддерживающие конструкции (перекрытия, балки) для расположения баков.

По третьему варианту растворные и расходные баки помещают в нижних этажах очистных сооружений. Растворы реагентов при помощи напорных дозирующих устройств подаются в трубу, подводящую воду на очистные сооружения.

Эта схема применима при любой производительности станции и является наиболее технологически приемлемой.

Технологическая схема с “мокрым” хранением коагулянта представлена на рис. 7. (приложение).

Расчёт сооружений реагентного хозяйства производят в следующей последовательности:

1. Растворы коагулянтов готовят в растворных баках, откуда их направляют в расходные баки, где доводят до рабочей концентрации. Расчетная емкость растворных баков W_p определяется в зависимости от расчетного расхода обрабатываемой воды $Q_{расч}$, максимальной расчетной дозы коагулянта D_k в пересчете на безводный продукт (мг/л), расчетной концентрации раствора b_p и числа часов n , на которое заготавливается раствор.

Для станций производительностью до 10 000 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 10 000 до 50 000 м³/сут $n = 8 \dots 12$ ч; более 50 000 м³/сут - $n = 6 - 8$ ч. Для станций производительностью более 100 000 м³/сут можно предусматривать непрерывную заготовку раствора коагулянта, принимая $n = 3$ ч. Концентрация раствора коагулянта в растворных баках по рекомендации [1] принимается 10-17%, а в расходных баках – 4 - 10%, считая по безводному продукту.

1. Емкость растворного бака W_p определяется по формуле:

$$W_p = \frac{Q_{расч} \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

где:

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

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

b_p – концентрация раствора в растворном баке, %;

γ – объемный вес коагулянта, т/м³ (принимается 1 т/м³);

n – время, на которое приготавливают раствор коагулянта

Количество баков должно быть не менее трех. Размеры баков принимаются конструктивно.

2. Емкость расходных баков:

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

b – концентрация раствора в расходном баке, %

Количество баков должно быть не менее двух, размеры принимаются конструктивно.

3. Емкость баков-хранилищ определяется в следующей последовательности:

3.1. Определяется расход товарного продукта (коагулянта) 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).

$$P = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_k \cdot 100 \cdot T}{1000 \cdot 1000 \cdot C}, \text{ т} \quad (3.4)$$

где: C – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта (может быть принята 30 - 40%)

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

$$W = \frac{P \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (3.5)$$

γ – удельный вес раствора коагулянта концентрацией b_p .

3.3. Принимается расчетное количество баков-хранилищ - N и определяется объем одного бака:

$$W_1 = \frac{W}{N}, \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

Размеры баков-хранилищ назначаются конструктивно.

4. Определяется суммарный расход воздуха, подаваемого в растворные и расходные баки:

$$Q_v = \omega_1 \cdot F_p + \omega_2 \cdot F, \text{ л/с} \quad (3.7)$$

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

F_p, F – площади в плане растворных и расходных баков.

5. Дозирование коагулянта осуществляется в соответствии с рекомендациями гл. 3.4. настоящих указаний.

3.2. Сооружения для приготовления флокулянта

Наиболее широкое распространение получил флокулянт ПАА. Интенсифицирующее действие ПАА вызвано адсорбцией его молекул на частицах взвеси и хлопьях коагулянта, что ведет к их быстрейшему укрупнению и ускоряет осаждение. Флокулянты вводятся в воду после коагулянтов с разрывом во времени до 2 -3 минут в зависимости от качества обрабатываемой воды [1].

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

ПАА следует применять в виде раствора с концентрацией полимера 0,1 - 1%. Приготовление раствора из технического ПАА надлежит производить в баках с механическими лопастными мешалками путем растворения в

водопроводной воде. Продолжительность приготовления раствора из ПАА геля 25 -40 минут [1].

Схема приготовления раствора ПАА представлена на рис. 8. (приложение).

Расчет схемы приготовления раствора ПАА ведется в следующей последовательности.

1. Определяется доза ПАА в зависимости от основного состава сооружений станции и от качества исходной воды по п. 6.17 [1].

2. Определяется производительность мешалки g_m в кг/сут ПАА:

$$g_m = \frac{Q_{o.c.} \cdot D_{ПАА}}{1000}, \text{ кг /сут} \quad (3.8)$$

где: $Q_{o.c.}$ – производительность очистной станции, м³/сут;
 $D_{ПАА}$ – доза ПАА, мг/л

3. Определяется емкость мешалки:

$$W = \frac{g_m \cdot 100}{b \cdot \gamma \cdot 1000}, \text{ м}^3 \quad (3.9)$$

где: b – концентрация раствора ПАА, принимается 0,1 - 1%;
 γ – удельный вес раствора ПАА, $\gamma = 1 \text{т/м}^3$

Подбор типоразмеров мешалки осуществляется по табл. 5.1. и 5.2. [2] или табл. III.6, III.7 [3].

4. Определяется объем расходных баков:

$$W_{p.б.} = W \cdot t, \text{ м}^3 \quad (3.10)$$

где: t – время хранения раствора ПАА: 0,7 - 1 % растворов не более 15 суток, 0,4 - 0,6 % растворов - 7 суток, 0,1 - 0,3 % растворов - 2 суток.

Количество расходных баков должно быть не менее двух. Размеры в плане принимаются произвольно.

5. Для перекачки рабочих растворов ПАА можно применять центробежные насосы [2,3,4].

6. Расчет и подбор оборудования для дозирования ПАА см. П. 3.4. данных методических указаний.

7. Количество бочек, хранящихся на складе, определяется из условия хранения 15-30 суточного запаса реагента на складе и вместимости одной бочки 150 кг.

3.3. Сооружения для приготовления подщелачивающих реагентов

Введение подщелачивающих реагентов в воду связано с тем, что при недостаточной щелочности воды процесс хлопьеобразования идет неудовлетворительно. В качестве подщелачивающих реагентов используют гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, или кальцинированную соду Na_2CO_3 , которые добавляют в воду в количестве:

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} \left(\frac{1}{e_{\text{к}}} \cdot D_{\text{к}} - \text{Щ}_0 + 1 \right), \text{ мг/л} \quad (3.11)$$

- где: $D_{\text{щ}}$ – доза подщелачивающего реагента, мг/л
 $D_{\text{к}}$ – максимальная, в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/л;
 $e_{\text{к}}$ – эквивалентная масса коагулянта (безводного), мг/мг-экв, принимаемая для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 57, FeCl_3 - 54, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ - 67;
 $K_{\text{щ}}$ – коэффициент, принимаемый для извести (по CaO) -28, для соды (по Na_2CO_3) - 53;
 Щ_0 – минимальная щелочность воды, мг-экв/л.

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

На станциях подготовки питьевой воды в качестве подщелачивающего реагента следует применять известь в виде известкового молока концентрацией 5 %.

Выбор технологической схемы известкового хозяйства станции водоподготовки надлежит производить с учетом качества и вида заводского продукта, потребности в извести, места её ввода и т.д. Примеры схем известкового хозяйства представлены на рис. 9. (приложение).

Расчёт схемы известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста

1. Определяется доза извести $D_{\text{и}}$.
2. Объем бака для приготовления 30%-ного известкового молока:

$$W^{30\%} = \frac{Q_{\text{рас}} \cdot D_u \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3 \quad (3.12)$$

где: $Q_{\text{рас}}$ – расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{час}$;
 D_u – доза извести, мг/л ;
 n – время, на которое заготавливают известковое молоко, принимается равным 6 -12 ч;
 b_u – концентрация известкового молока (30%);
 γ_u – объемный вес известкового молока, принимается равным $1\text{т}/\text{м}^3$.

Количество баков не менее двух, баки принимаются прямоугольные в плане, размеры произвольно.

3. Объем баков - хранилищ:

$$W_{\text{б/х}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_u \cdot T}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

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

Количество баков не менее двух, баки прямоугольные в плане, размеры принимаются произвольно.

4. Объем расходных баков:

$$W^{5\%} = \frac{W^{30\%} \cdot b_u}{b_p}, \text{ м}^3 \quad (3.14)$$

где: b_p – концентрация рабочего раствора известкового молока, принимается равной 5 %.

В качестве расходных баков принимаются гидравлические мешалки. Количество мешалок не менее двух. Технические характеристики мешалок принимаются по табл. 5.11 и 5.12 [2] или по табл. III.9 [3].

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

$$Q = \omega (F_1 \cdot n_1 + F_2 \cdot n_2) , \text{ л/с} \quad (3.15)$$

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

F_2, n_2 – соответственно площадь и количество растворных баков.

По табл. 4.28 [2] или V.30 [3] подбирается соответствующая воздухоподувка.

6. Для перекачки раствора известкового молока применяются центробежные насосы, песковые (Пс), фекальные (Ф). Производительность насоса для перемешивания известкового молока определяется из условий создания восходящей скорости известкового молока, равной 5 мм/сек [1]. Характеристики насосов приведены в [2,3,4].

7. Расчет и подбор оборудования для дозирования известкового молока приведен в п. 3.4. данных методических указаний.

Расчёт схемы известкового хозяйства с использованием комовой извести при сухом хранении

1. Доза извести определяется для подщелачивания воды.

2. Суточный расход извести в пересчете на СаО:

$$G_{\text{сут}}^{\text{СаО}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_u}{1000 \cdot 1000} , \text{ т/сут} \quad (3.16)$$

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

3. Суточный расход товарной извести:

$$G_{\text{сут}}^{78\%} = \frac{G_{\text{сут}}^{\text{СаО}} \cdot 100}{b_m} , \text{ т/сут} \quad (3.17)$$

где: b_m – содержание извести в товарном продукте, принимаются

для комовой извести 78 %.

4. Осуществляется подбор извести-гасильного аппарата для гашения и измельчения извести и питателя для непрерывной и равномерной подачи пускового материала в перерабатывающие их механизмы. Технические характеристики данного оборудования представлены в [2,3]. Количество извести-гасилок

5. Объем расходных баков:

$$W^{5\%} = \frac{G_{\text{с ут}}^{\text{CaO}} \cdot n \cdot 100}{24 \cdot b_p}, \text{ м}^3 \quad (3.18)$$

где: n , b_p – смотри расчет предыдущей схемы.

В качестве расходных баков применяются мутилки (лопастные мешалки) либо гидравлические мешалки. Количество мешалок не менее двух. Технические характеристики мутилок представлены в табл. 5.11 и 5.12 [2].

6. Перекачка и дозирование известкового молока аналогично предыдущей схеме.

3.4. Дозирование 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, дозировочные 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 электрофицированным вариатором.

Дозаторы поплавковые. Применяются на очистных станциях производительностью до 30 000 м³/сут. Применяются для дозирования как кислых так и щелочных реагентов.

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

$$q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH} \quad , \quad (3.19)$$

где:

g – 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 табл. 5.5 [2] или по табл. III.18 [3].

Дозаторы автоматические для раствора сернокислого алюминия.

Предназначен для подачи определенного количества раствора коагулянта. Подбор дозатора осуществляется по количеству подаваемого к дозатору раствора (м³/ч) по табл. III.19 [3].

Данный тип дозатора можно использовать для дозирования раствора угольной пульпы.

Дозаторы известкового молока типа ДИМБА.

Предназначены для дозирования раствора извести. Подбор осуществляется по количеству подаваемого раствора к дозатору (м³/ч) по табл. 5.13 [2] или табл. III.21 [3].

Насосы-дозаторы типа НД.

Предназначены для подачи дозированных расходов растворов и суспензий реагентов. Применяются для дозирования коагулянта, флокулянта и извести.

Подача насоса-дозатора рассчитывается по формуле:

$$q_H = \frac{Q_{с\ ут} D_p}{K_p \cdot 1000} \quad , \quad \text{м}^3/\text{сут} \quad (3.20)$$

где: $Q_{сут}$ – расход воды, м³/сут;

D_p – доза реагента, г/м³;

K_p – концентрация раствора реагента в баке, г/л (например,
для 5%-ного раствора - $K_p = 50$ г/л)

Технические характеристики насосов-дозаторов представлены в табл. 4.24 [2] или по табл. V.27 [3].

4. СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для равномерного распределения реагента в объеме обрабатываемой воды перед водоочистными сооружениями устанавливаются смесительные устройства.

Процесс смешения должен закончиться до момента образования хлопьев во всей массе воды. При расчете смесителей время смешивания принимается не более двух минут. Смесители должны иметь не менее двух отделений.

В отечественной практике применяются следующие типы смесителей:

- 1) дырчатый;
- 2) перегородчатый;
- 3) вертикальный (вихревой);
- 4) шайбовый;
- 5) коридорный;
- 6) механический.

Дырчатый и перегородчатый смесители целесообразно применять на водоочистных сооружениях производительностью до 1000 м³/ч. При большей производительности смесители этих типов становятся весьма громоздкими.

Вертикальный смеситель рекомендуется применять на станциях средней и большой производительности. На один вертикальный смеситель должно поступать не более 1200 - 1500 м³/ч обрабатываемой воды. Вертикальные смесители, независимо от производительности станции, применяются в случае использования в качестве реагента известкового молока. Этот тип смесителя обеспечивает наиболее полное растворение частиц извести.

Шайбовый смеситель, как правило, монтируется в случае ввода реагентов в напорный трубопровод.

Смесители коридорного типа рекомендуется применять при производительности станции более 300 000 м³/сут.

Расчёт дырчатого смесителя

Дырчатые смесители представляют собой ж/б лоток с тремя вертикальными перегородками. Перегородки установлены перпендикулярно к движению воды и снабжены расположенными в несколько рядов отверстиями (рис. 10. приложения.)

Объем смесителя определяется по формуле:

$$W_c = q_{\text{расч}} \cdot t \cdot 60, \quad \text{м}^3 \quad (4.1)$$

где: $q_{\text{расч}}$ – расчётный секундный расход воды, м³/сек
 t – время пребывания воды в смесителе, равное 3 -5 мин

Площадь поперечного сечения лотка:

$$F_{\text{л}} = \frac{q_{\text{расч}}}{V_{\text{л}}}, \quad \text{м}^2 \quad (4.2)$$

где: $V_{\text{л}}$ – скорость движения воды в смесителе, равная 0,6 м/с

Ширина лотка определяется по формуле:

$$B_{\text{л}} = \frac{W_{\text{с}}}{h_{\text{л}}}, \quad \text{м} \quad (4.3)$$

где: $h_{\text{л}}$ – глубина потока в конце смесителя, равная 0,6 - 0,8 м

Расчётная длина смесителя:

$$L = \frac{W_{\text{с}}}{F_{\text{л}}}, \quad \text{м} \quad (4.4)$$

Расчётная суммарная площадь всех отверстий:

$$\sum f_{\text{отв}} = \frac{q_{\text{расч}}}{V_{\text{о}}}, \quad \text{м}^2 \quad (4.5)$$

где: $V_{\text{о}}$ – скорость движения воды в отверстиях, равна 1 м/с

Количество отверстий в каждой перегородке определяется по формуле:

$$n_{\text{отв}} = \frac{\sum f_{\text{отв}}}{f_{\text{отв}}} = \frac{4q_{\text{расч}}}{V_{\text{о}} \pi d^2} \quad (4.6)$$

где: $q_{\text{расч}}$ – расчётный расход воды, поступающей в смеситель, м³/сек
 d – диаметр отверстий, м (принимается в пределах от 20 мм - для станций небольшой производительности и до 100 мм - для станций производительности 24 тыс. м³/сут

Принимая число вертикальных дырчатых перегородок равное 3

(согласно регламенту) определяется:
– количество отверстий в каждой перегородке:

$$N_{пф}^{отв} = \frac{n_{отв}}{3} \quad (4.7)$$

Потерю напора при прохождении воды через отверстия перегородок определяют по формуле:

$$h = \frac{N_{пф}^{отв} \cdot V_0^2}{2g\mu^2} \quad (4.8)$$

где: g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);
 μ – коэффициент расхода, зависящий от отношения диаметра отверстия $d_{отв}$ к толщине перегородки δ , принимается равным 0,65 при $d/\delta = 2$ и 0,75 при $d/\delta = 1$);
 V_0 – скорость движения воды в отверстиях, равная 1 м/с

Найдя потерю напора в перегородке и задав глубину H в конце смесителя (обычно в пределах 0,4 - 0,5), определяют уровень воды в начале смесителя. Расстояние между перегородками по длине принимается равным полуторной ширине лотка или ширине смесителя.

Расчёт вертикального (вихревого) смесителя

Вертикальный (вихревой) смеситель представляет собой круглый или квадратный (в плане) резервуар с конической или пирамидальной нижней частью (рис. 11. приложения).

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя:

$$f_{в} = \frac{q_{\text{час}}}{V_{в}} \text{ , } \text{ м}^2 \quad (4.9)$$

где: $q_{\text{час}}$ – часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{час}$;
 $V_{в}$ – скорость восходящего движения воды, принимается равной 90 - 100 м/ч [1].

Если принять верхнюю часть смесителя квадратной в плане, то сторона её будет иметь размер:

$$b_{в} = \sqrt{f_{в}} \text{ , } \text{ м} \quad (4.10)$$

Диаметр входного отверстия смесителя принимается равным диаметру подводящей трубы и определяется исходя из секундного расхода воды, попадающего в смеситель, и входной скорости $V_b = 1-1,2$ м/сек. Размер в плане нижней части смесителя будет равен диаметру входного отверстия.

Учебное издание

Сотавители: Лысенкова Татьяна Михайловна,
Покало Марина Леонидовна,
Головач Татьяна Ивановна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта “ Водопроводная очистная станция” и для проведения практических занятий по дисциплинам “ Водоснабжение” и “ТОПВ”

для студентов заочной и дневной формы обучения
специальности 70.04.03 – “ Водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов”

Ответственный за выпуск: Лысенкова Т.М.

Редактор: Строкач Т.В.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 23.05.2002 г. Формат 60x84 1/16. Бумага “ Чайка”. Усл. п.л. 1,4.
Уч. изд. Л. 1,5. Тираж 100 экз. Заказ № . Отпечатано на ризографе учреждения
образования “ Брестский государственный технический университет”.

224017, г. Брест, ул. Московская, 267

Рис.1.

Технологическая схема осветления и обесцвечивания воды с горизонтальным отстойником и скорым осветлительным фильтром

- 1 - смеситель;
- 2 - камера реакции;
- 3 - горизонтальный отстойник;
- 4 - осветлительный фильтр;
- 5 - РЧВ;
- 6 - насосы насосной станции П^{-ГО} подъёма;
- 7 - насос для подачи промывной воды

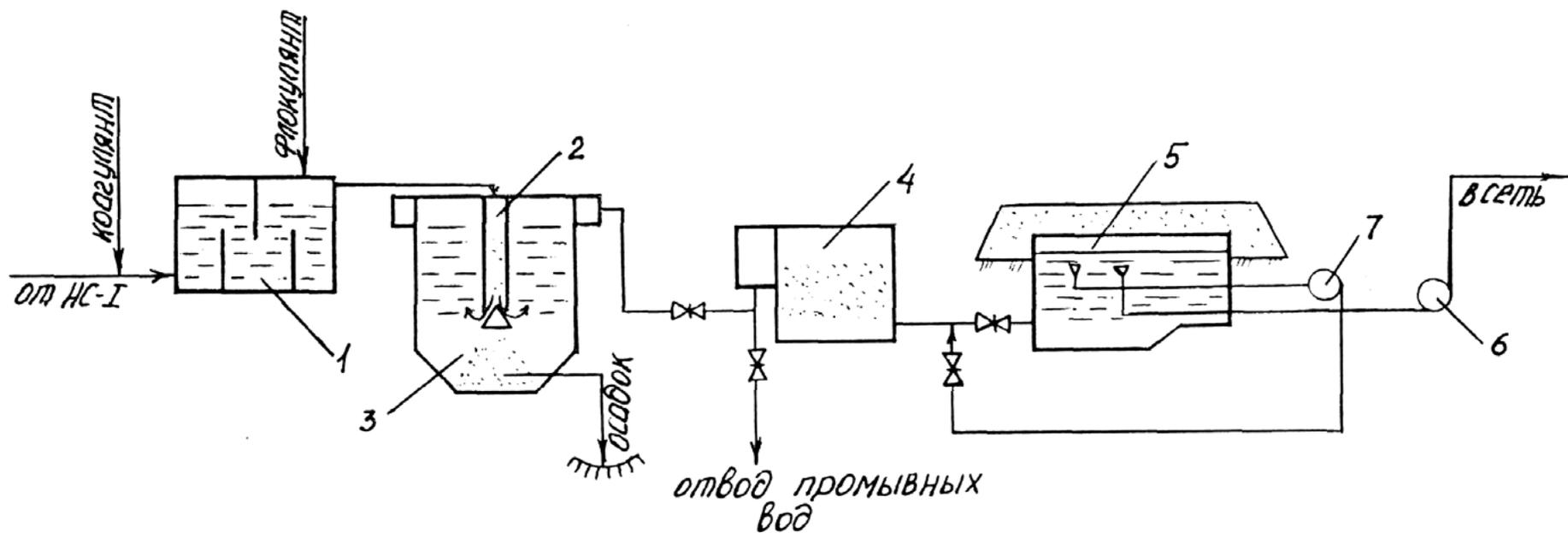


Рис. 2.

Технологическая схема осветления и обезцвечивания воды с вертикальным отстойником и скорым осветлительным фильтром

- 1 - смеситель;
- 2 - камера реакции;
- 3 - вертикальный отстойник;
- 4 - осветлительный фильтр;
- 5 - РЧВ;
- 6 - насосы насосной станции П^{ГО} подъёма;

7 - на

сос для подачи промывной воды

Рис. 3.

Технологическая схема осветления и обесцвечивания воды с осветлителем со слоем взвешенного осадка и осветлительными фильтрами

- 1 - смеситель;
- 2 - осветлитель со слоем взвешенного осадка
- 3 - осветлительный фильтр;
- 4 - РЧВ
- 5 - отстойник промывных вод;
- 6 - насос подачи промывной воды в “голову” сооружений;
- 7 - насос $\Pi^{ГО}$ подъема;
- 8 - насос подачи промывной воды

Рис. 4.

Технологическая схема осветления и обесцвечивания воды с контактными осветлителями

- 1- микрофильтры;
- 2 - смеситель;
- 3 - контактный осветлитель;
- 4 - РЧВ
- 5 - насос $\Pi^{ГО}$ подъема;
- 6 - насос подачи промывной воды;

Рис. 5.

Технологическая схема обезжелезивания воды методом упрощённой аэрации

- 1- насос $\Gamma^{ГО}$ подъема;
- 2 - приемная камера;
- 3 - осветлительный фильтр;
- 4 - РЧВ;

- 5 - насос П^{ГО} подъема;
- 6 - насос подачи промывной воды;

Рис. 6.

Технологическая схема обезжелезивания воды методом глубокой аэрации

- 1- насос П^{ГО} подъема;
- 2 - градирня;
- 3 - фильтр;
- 4 - РЧВ;
- 5 - насос П^{ГО} подъема;
- 6 - насос подкачки промывной воды в ВБ;
- 7 - ВБ

Рис. 7.

Технологическая схема с “мокрым” хранением коагулянта

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

Рис. 8.

Схема приготовления раствора ПАА

- 1 - бак с мешалкой;
- 2- циркуляционный и перекачивающий насос;
- 3 - расходный бак;
- 4 - дозатор;

5 - эжектор для разбавления и транспортирования раствора ПАА

Рис. 9 “а”

Схема известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста

- 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. 9 “б”

Схема известкового хозяйства с использованием комовой извести при сухом хранении

- 1 - бункер;
- 2 - контейнер;
- 3 - известгасилка;
- 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. 10.

Дырчатый смеситель

- 1 - подача воды;
- 2 - место ввода реагента;
- 3- отвод воды;
- 4 - дырчатые перегородки;
- 5 - переливной карман

- Высота нижней (пирамидальной) части смесителя при угле конусности $\alpha = 30-40^\circ$ (по регламенту) определяется по формуле

$$h_n = 0,5 \cdot (b_v - b_n) \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \text{ м}$$

где b_v, b_n – размеры сторон в верхней и нижней частях смесителя, м.

- Объем пирамидальной части смесителя

$$W_n = \frac{1}{3} \cdot h_n \cdot (f_v + f_n + \sqrt{f_v f_n}), \text{ м}^3$$

где f_v, f_n – площади сечения в верхней и нижней частях смесителя, м.

- Полный объем смесителя

$$W = \frac{q_{\text{нас}} \cdot t}{60}, \text{ м}^3$$

где t – продолжительность смешения реагента с массой воды, принимается равной 1,5 – 2 мин.

- Объем верхней части смесителя

$$W_v = W - W_n, \text{ м}^3$$

- Высота верхней части смесителя

$$h_v = \frac{W_v}{f_v}, \text{ м}$$

- Полная высота смесителя

$$h_c = h_n + h_v, \text{ м}$$

Сбор воды производится в верхней части смесителя периферийным лотком через затопленные отверстия. Скорость движения воды в лотке принимается равной $v_{л} = 0,6$ м/сек. Вода, протекающая в направлении бокового кармана, разделяется на 2 параллельных потока, поэтому расчетный расход каждого потока определяется

$$q_{л} = q_{\text{час}} : 2$$

- Площадь живого сечения сборного лотка

$$W_{л} = \frac{q_{л}}{3600 \cdot v_{л}}, \text{ м}^2$$

где $v_{л}$ - скорость движения воды в лотке, м/с.

- Площадь затопленных отверстий в стенках сборного лотка

$$F_{о} = \frac{q_{\text{час}}}{v_{о} \cdot 3600}, \text{ м}^2$$

где $v_{о}$ – скорость движения воды через отверстия лотка, принимается равной 1 м/с.

5. КАМЕРЫ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ

Камеры хлопьеобразования предназначены для протекания в них физико-химических процессов, обуславливающих образование крупных, прочных, быстрооседающих хлопьев гидроксидов алюминия или железа с извлекаемыми из воды примесями.

Камеры хлопьеобразования применяют в технологических схемах очистки воды с вертикальными и горизонтальными отстойниками.

Для предупреждения разрушения хлопьев, сформировавшихся в камерах хлопьеобразования, рекомендуется устраивать их примыкающими к отстойникам или встроенными в них.

Вертикальные отстойники оборудуются водоворотными камерами хлопьеобразования, располагаемыми в центре отстойника.

Перед горизонтальными отстойниками рекомендуется устраивать камеры хлопьеобразования: перегородчатые, вихревые, встроенные со слоем взвешенного осадка, лопастные.

Расчет перегородчатой камеры хлопьеобразования с горизонтальным движением воды

Перегородчатые камеры хлопьеобразования с горизонтальной циркуляцией воды принимают в очистных сооружениях большой производительности, то есть выше 45000 м³/сутки (рис. 12).

Рис. 12. Схема перегородчатой камеры хлопьеобразования с горизонтальной циркуляцией воды.

- 1 – отверстие в стенке для выпуска осадка;
- 2 – под воды;
- 3 – обводной канал;
- 4 – промежуточный выпуск;
- 5 – выпуск воды;
- 6 – выпуск осадка.

Расчет камеры перегородчатого типа сводится к определению объема камеры, размеров ее в плане, числа и ширины коридоров и общей потери напора воды в камере.

Объем камеры хлопьеобразования

$$W_{\kappa} = \frac{q_{\text{час}} \cdot t}{60}, \text{ м}^3$$

где $q_{\text{час}}$ – часовой расход воды, м³/час;

t – время пребывания воды в камере, мин. ($t = 20-30$ мин., СНиП).

Среднюю глубину камеры выбирают по конструктивным соображениям, исходя из высотной схемы очистной станции. Обычно средняя глубина камеры принимается в пределах 2,0-3,5 м.

Задав глубину и определив объем камеры, находят ее площадь F в плане.

$$F = \frac{W_{\kappa}}{H}, \text{ м}^2$$

где H – высота камеры, м.

Далее определяют ширину коридоров между перегородками.

$$b = \frac{q_{\text{час}}}{3600 \cdot v_{\kappa} \cdot H}, \text{ м}$$

где v_{κ} – скорость движения воды в коридорах камеры (принимают равной 0,2-0,3 м/с, СНиП).

Ширина коридора должна быть не менее 0,7 м. Так как камера примыкает к торцевым стенкам горизонтальных отстойников, то длину камеры L принимаем равной суммарной ширине горизонтальных отстойников.

Необходимое число коридоров:

$$n = \frac{L}{b + \delta}$$

где δ - толщина железобетонных стенок камеры, равная 0,15 - 0,18.

Количество поворотов:

$$m = n - 1$$

Число поворотов должно быть в пределах 8-10 (СНиП).

Потери напора h в перегородчатых камерах хлопьеобразования определяют по формуле:

$$h = 0,15 \cdot v_{\kappa}^2 \cdot n$$

где n – число поворотов потока воды в камере;

v_{κ} – скорость потока воды в коридорах камеры, м/с (0,2-0,3 м/с, СНиП).

Расчет водоворотной камеры хлопьеобразования

Применяются на очистных станциях небольшой производительности до 3000 м³/сут. Располагается водоворотная камера в центре вертикального отстойника (рис. 13).

Рис. 13. Схема водоворотной камеры хлопьеобразования, совмещенной с вертикальным отстойником.

- 1 - водоворотная камера хлопьеобразования;
- 2 – гаситель;
- 3 – вертикальный отстойник;
- 4 – сопло;
- 5 – подача воды;
- 6 – трубопровод для выпуска осадка.

Площадь водоворотной камеры F определяется по формуле

$$F_{\kappa} = \frac{q_{\text{час}} \cdot t}{60 \cdot H \cdot N}, \text{ м}^2$$

где q – расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{час}$;

t – время пребывания воды в камере, мин. ($t = 15-20$ минут, СНИП);

H – высота камеры хлопьеобразования, которая равна 0,9 высоты зоны осаждения вертикального отстойника, обычно 3,5-4,0 ;

N – расчетное число отстойников на станции.

Диаметр водоворотной камеры хлопьеобразования

$$d_{\kappa} = \sqrt{\frac{4F_{\kappa}}{\pi}} = 1,13\sqrt{F_{\kappa}}, \text{ м}$$

Секундный расход воды, поступающей в камеру, составит

$$q_c = \frac{q_{\text{час}}}{3600N}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где $q_{\text{час}}$ - расчетный часовой расход воды на очистной станции, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Подача воды в камеру производится при помощи сопла, направленного по касательной, которое располагается на расстоянии $0,2d_{\kappa}$ от стенки камеры на глубине 0,5 м от поверхности воды.

Необходимый диаметр сопла

$$d_c = 1,13\sqrt{\frac{q_c}{\mu v_c}}, \text{ мм}$$

где $\mu = 0,908$ - коэффициент расхода для конически сходящегося насадка с углом конусности $\beta = 25^\circ$;

v_c - скорость выхода воды из сопла, принимается равной 2-3 м/с (1).

Потеря напора в сопле определяется по формуле

$$h_c = 0,06v_c^2, \text{ м}$$

В нижней части камеры должны предусматриваться решетки с ячейками размером 0,5 x 0,5 м, высотой 0,8 м.

Диаметр отводящего трубопровода определяется

$$d = \sqrt{\frac{4q_c}{\pi v}}, \text{ м}$$

где q_c - расчетный секундный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

v - скорость подвода воды в камеру, $v = 0,8 - 1,0$ м/сек.

Расчет камеры хлопьеобразования зашламленного типа

Такие камеры хлопьеобразования устраивают непосредственно в горизонтальных отстойниках в их передней части (рис. 14).

Рис. 14. Камера хлопьеобразования зашламленного типа, встроенная в горизонтальный отстойник.

- 1 – распределительная труба;
- 2 - камера хлопьеобразования;
- 3 – отстойник;
- 4 – отбойная стенка;
- 5 – затопленный водослив.

Площадь всех камер хлопьеобразования

$$\sum F_k = \frac{q_{\text{час}}}{3600v}, \text{ м}^2$$

где v - скорость восходящего потока воды в верхнем сечении встроенной камеры хлопьеобразования, равная 0,65 - 1,6 мм/с при осветлении вод средней мутности (300-600 мг/л), 0,8 - 2,2 мм/с при осветлении мутных вод.

Число камер принимается по числу горизонтальных отстойников.
Площадь одной камеры

$$F_k = \frac{\sum F_k}{n}, \text{ м}^2$$

где n - количество камер.

Ширина камеры b_k принимается равной ширине отстойника. Длина камеры определяется по формуле

$$l_k = \frac{F_k}{b_k}, \text{ м}$$

Высота камеры

$$h_k = h_{отс} + h_n, \text{ м}$$

где $h_{отс}$ - высота отстойника, м;

h_n - потери напора в камере, $h_n = 0,1 - 0,2$ м (СНиП).

Расход воды, приходящийся на каждую камеру

$$q_k = \frac{q_{час} 1000}{n \cdot 3600}, \text{ л/сек}$$

где n - количество камер.

Обрабатываемая вода по площади камеры распределяется перфорированными трубами через отверстия, направленными горизонтально. В каждой камере размещают перфорированные трубы на расстоянии не более 3 м. Количество труб распределительной системы определяется по формуле

$$n_{труб} = \frac{B}{l},$$

где l - расстояние между осями, равное не более 3 м.

Определяется диаметр дырчатых труб, исходя из скорости движения воды в них $v_{тр} = 0,5-0,6$ м/с.

Площадь поперечного сечения

$$W_{тр} = \frac{Q_{\div ac}}{N_k n_{труб} v_{труб}}, \text{ м}^2$$

$$Q = \omega v_{труб}$$

Отсюда находим диаметр.

Расчетная суммарная площадь отверстий, расположенных на одной распределительной трубе, должна составлять 40% площади сечения самих труб.

$$\sum f_{отв} = W_{тр} 0,4, \text{ м}^2$$

Количество отверстий на одном трубопроводе

$$n_{\text{отв}} = \frac{\sum f_{\text{отв}} \cdot 4}{\pi \cdot d_{\text{отв}}^2},$$

где $d_{\text{отв}}$ - диаметр отверстий, принимается не менее 25 мм.
Шаг между отверстиями равен

$$l = \frac{L}{2 \cdot n_{\text{отв}}}, \text{ м}$$

где 2 - количество рядов.

6. ОТСТОЙНИКИ

В практике водоподготовки для выделения из воды взвешенных веществ перед поступлением их на фильтры применяют горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники, названные так по направлению в них потока воды.

Содержание взвешенных веществ в воде после отстойников не должно превышать 8-12 мг/л.

Горизонтальные отстойники

Горизонтальные отстойники применяют на станциях хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения производительностью более 30-50 тыс. м³/сут. при удалении из воды коагулированной взвеси. Схема горизонтального отстойника представлена на рис. 15.

Рис. 15. Схема горизонтального отстойника.

- 1 - камера хлопьеобразования, встроенная в отстойник;
- 2 – горизонтальный отстойник;
- 3 – дырчатые трубы для децентрализованного сбора осветленной воды;
- 4 - дырчатые трубы для сбора осадка;
- 5 – сборный трубопровод для выпуска осадка;
- 6 – задвижка на сборном трубопроводе, регулирующая режим выпуска осадка;
- 7 – сборный лоток осветленной воды;
- 8 – трубопровод сбора осветленной воды.

Расчет горизонтальных отстойников ведут в следующей последовательности:

1. Суммарная площадь горизонтальных отстойников в плане

$$F_{\text{г.о.}} = \frac{\alpha_{\text{об}} \cdot Q_{\text{час}}}{3,6 \cdot U_0}, \text{ м}^2$$

где $Q_{\text{час}}$ - расчетный расход воды, приходящийся на все отстойники, м³/час;

U_0 - скорости выпадения взвеси, мм/с, принимаемая по табл. 18 [1];

$\alpha_{\text{об}}$ - коэффициент объемного использования отстойников, принимаемый равным 1,3.

2. Ширина одного отстойника

$$B = \frac{Q_{\text{час}}}{3,6 \cdot v_{\text{ср}} \cdot H \cdot N}, \text{ м}$$

где H - средняя глубина зоны осаждения, рекомендуется принимать в пределах 2,5-3,5 м;

$v_{\text{ср}}$ - средняя горизонтальная скорость движения воды в отстойнике, мм/с, принимаемая равной

6-8 мм/с для вод мутностью до 50 мг/л;

7-10 мм/с для вод мутностью 50-250 мг/л;

9-12 мм/с для вод мутностью ≥ 250 мг/л;

N - расчетное количество отстойников.

Отстойник должен быть разделен продольными перегородками на самостоятельно действующие секции шириной не более 6 м (например, внутри отстойника шириной (9 м рекомендуется установить две продольные вертикальные перегородки, образующие три параллельных коридора шириной по 3 м каждый).

3. Длина отстойника

$$L = \frac{F_{\text{з.о.}}}{B \cdot N}, \text{ м}$$

При этом должно быть соблюдено условие $L/H = 10 \div 25$.

4. Устройство для удаления осадка из горизонтального отстойника без прекращения его действия.

Для гидравлического удаления осадка следует предусматривать сборную систему из перфорированных труб, обеспечивающую удаление его в течении 20-30 минут. Расстояние между осями дренажных труб следует принимать не более 3 м, а расстояние их от стен отстойника - не более 1,5 м. Скорость движения осадка в конце труб надлежит принимать не менее 1 м/с; в отверстиях - 1,5-2 м/с; диаметр отверстий не менее 25 мм, расстояние между отверстиями - 300-500 мм. Отверстия следует располагать в шахматном порядке вниз под углом 45° к оси трубы.

Отношение суммарной площади отверстий к площади сечения труб надлежит принимать равным 0,5-0,7.

4.1. Количество осадка, удаляемого из каждого отстойника за одну чистку, определяется по формуле:

$$P_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot T \cdot 24(C_{\text{в}} - M_{\text{осв}})}{N \cdot 1000 \cdot 1000}, \text{ т} \quad ()$$

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

T - продолжительность действия отстойника между чистками, сутки;

$C_{\text{в}}$ - концентрация взвешенных веществ в воде, мг/л, поступающих в отстойник, определяется по формуле:

$$C_{\text{в}} = M + K_{\text{к}}D_{\text{к}} + 0,25Ц + \frac{D_{\text{и}}}{K_{\text{и}}} - D_{\text{и}}$$

где M - мутность исходной воды, мг/л;

$D_{\text{к}}$ - доза коагулянта по безводному продукту, мг/л;

$K_{\text{к}}$ - коэффициент, принимаемый для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 0,5, для FeCl_3 - 0,7;

$Ц$ - цветность исходной воды, град.;

$V_{\text{и}}$ - количество нерастворенных веществ, вводимых в известь:

$$V_{\text{и}} = \frac{D_{\text{и}}}{K_{\text{и}}} - D_{\text{и}},$$

$D_{\text{и}}$ - доза извести по, мг/л;

$K_{\text{и}}$ - долевое содержание CaO в извести, принимается 0,4;

$M_{\text{осв}}$ - мутность воды, выходящей из отстойника, мг/л, принимается 8-15мг/л;

N - количество отстойников.

4.2. Расход осадка, сбрасываемого по дырчатой трубе, уложенной в каждом коридоре отстойника

$$q_{\text{ос}} = K_{\text{р}} \cdot \frac{P_{\text{ос}}}{n} \cdot \frac{100}{P_{\text{т}}} \cdot \frac{1}{t}, \text{ м}^3/\text{мин.}$$

где $K_{\text{р}}$ - коэффициент разбавления, принимается при гидравлическом удалении осадка 1,5;

n - количество труб, уложенных в каждом отстойнике;

$P_{\text{т}}$ - среднее содержание твердого вещества в осадке в %, принимается 5%;

t - продолжительность сброса осадка, равная 20-30 минут.

4.3. Диаметр дырчатых труб

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{ос}}}{\pi \cdot v_{\text{ос}}}}, \text{ м}$$

где v_{oc} - скорость движения осадка в конце труб, принимается не менее 1 м/с;

q_{oc} - расход воды, сбрасываемой по дырчатой трубе, м³/с.

4.4. Площадь всех отверстий

$$\sum f_o = K_n \cdot \frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{4}, \text{ м}^2$$

где K_n - коэффициент перфорации трубы, равный 0,5-0,7.

4.5. Количество отверстий на трубе

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_o}, \quad ()$$

где f_o - площадь одного отверстия при диаметре отверстия d_o не менее 25 мм.

4.6. Шаг оси отверстий

$$e_o = L : n_o, \text{ мм}, \quad \text{при } 300 < e_o < 500 \quad ()$$

где L – длина трубы, мм.

5. Устройство для сбора осветленной воды.

Сбор осветленной воды следует предусматривать системой горизонтально расположенных дырчатых труб, расположенными на участке 2/3 длины отстойника, считая от задней торцевой стенки.

Скорость движения осветленной воды в конце труб следует принимать 0,6-0,8 м/с, в отверстиях – 1 м/с. Отверстия в трубах располагаются горизонтально по оси. Диаметр отверстий должен быть не менее 25 мм. Расстояние между осями труб должно быть не более 3 м.

5.1. Расход осветленной воды, проходящей через одну сборную трубу:

$$q_{o.v.} = \frac{Q_{расч}}{3600 \cdot N \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где $Q_{расч}$ – расчетный расход воды, м³/ч,
 N – количество отстойников,

n – количество труб в одном отстойнике.

5.2. Диаметр труб для сбора осветленной воды по формуле:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{о.с.}}}{\pi \cdot v_{\text{о.с.}}}}, \text{ м}$$

где $v_{\text{о.в.}}$ – скорость движения осветленной воды в конце труб, принимается 0,6-0,8 м/с.

5.3. Необходимая площадь отверстий в трубах:

$$\sum f_o = q_{\text{о.с.}} \cdot v_{\text{от}} \quad ()$$

где $v_{\text{от}}$ – скорость движения воды в отверстиях, принимается 1 м/с.

5.4. Количество отверстий и шаг отверстий на трубе рассчитывается по формулам (), () при диаметре отверстия не менее 25 мм и длине трубы, равной 2/3 длины отстойника.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Вертикальный отстойник (см. рис. 16) представляет собой круглый или квадратный (в плане) резервуар с камерой хлопьеобразования водоворотного типа в центральной трубе и с конусным днищем для накопления и уплотнения осадка.

Применяют вертикальные отстойники на станциях реагентной очистки воды с производительностью до 5000 м³/сут.

Рис. 16. Схема вертикального отстойника.

- 1 – вертикальный отстойник;
- 2 – водоворотная камера хлопьеобразования;
- 3 – подача воды;
- 4 – отвод осветленной воды;
- H – высота зоны осаждения;
- H_k – высота камеры;
- D – диаметр отстойника;
- D_k – диаметр камеры;
- α – угол наклона стен к горизонтали.

Расчет вертикального отстойника ведут в следующей последовательности:

1. Площадь зоны осаждения одного отстойника

$$F = \beta_{об} \frac{Q_{расч}}{3,6 \cdot v_p \cdot N}, \text{ м}^2$$

где $Q_{расч}$ – расчетный расход воды, м³/час;

v_p – расчетная скорость восходящего потока, мм/с, принимается при отсутствии данных технологических изысканий не более указанных в табл. 18 [1];

N – количество рабочих отстойников;

$\beta_{об}$ – коэффициент объемного использования отстойника, принимается при $D/H = 1$ $\beta_{об} = 1,3$, при $D/H = 1,5$ $\beta_{об} = 1,5$,

где D – диаметр отстойника, м;

H – высота зоны осаждения вертикального отстойника, принимается 4-5 м.

2. Общая площадь одного отстойника с учетом площади камеры хлопьеобразования:

$$F_{отс} = F + f_{к.х.}, \text{ м}^2$$

где $f_{к.х.}$ – площадь камеры хлопьеобразования (см. расчет водоворотной камеры хлопьеобразования).

3. Диаметр отстойника:

$$D = \sqrt{\frac{F_{отс} \cdot 4}{\pi}}, \text{ м}$$

и проверяется отношение D/H .

4. Высота конической осадочной части отстойника:

$$h_k = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)}, \text{ м}$$

где d – диаметр трубопровода для сброса осадка, принимается 150-200 мм;

α – угол наклона стен к горизонтали, $\alpha = 50-55^\circ$.

5. Объем конической осадочной части:

$$W_{oc} = \frac{\pi}{3} \cdot h_{\kappa} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{2} \right], \text{ м}^3$$

6. Период действия между сбросами осадка (не менее 6 часов):

$$T = \frac{W_{oc} \cdot N \cdot \delta}{Q_{расч} \cdot (C_a - M_{осв})}, \text{ ч.}$$

где δ – средняя по всей высоте осадочной части концентрация твердой фазы осадка, г/м^3 , в зависимости от мутности воды и продолжительности интервалов между сбросами, принимая по данным табл. 19 [1];

C_a и $M_{осв}$ – см. пояснения к формуле ().

7. Для сбора осветленной воды устраивается один периферийный желоб, в данном случае кольцевой, и четыре радиальных желоба. Расчетная скорость движения воды в желобе $v_b = 0,6 \text{ м/с}$.

7.1. Площадь кольцевого желоба

$$f_{к.ж.} = q_{сек} : v_b, \text{ м}^2$$

где $q_{сек}$ – расход воды, приходящийся на один отстойник, $\text{м}^3/\text{с}$.

7.2. Принимаются размеры поперечного сечения желоба, ориентировочно $0,14 \times 0,2 \text{ м}$.

7.3. Суммарная площадь затопленных отверстий в желобе Σf_0 определяется по формуле (), количество отверстий – по формуле ().

7.4. Шаг отверстий:

$$e_0 = p : n_0$$

где p – периметр стенки кольцевого желоба.

При этом шаг отверстий должен быть $300\text{-}500 \text{ мм}$.

7. ОСВЕТИТЕЛИ СО ВЗВЕШЕННЫМ ОСАДКОМ

Осветлители со слоем взвешенного осадка применяются при содержании взвешенных веществ в исходной воде до 1500 мг/л, при цветности до 120 град. и производительности станции более 5000 м³/сут. Схема осветлителя коридорного типа приведена на рис. 17.

Рис. 17. Схема осветлителя коридорного типа.

- 1 – водораспределительный дырчатый коллектор;
- 2 – водосборные желоба;
- 3 – осадкоприемные окна;
- 4 – дырчатые трубы для отвода осветленной воды из осадкоуплотнителя;
- 5 – дырчатые трубы для удаления осадка из осадкоуплотнителя;
- 6 – осадкоуплотнитель.

Подвод в осветлитель воды, обработанной химическими реагентами, производится снизу. Равномерно распределяясь по его площади, она поднимается вверх, проходит через взвешенную контактную среду, состоящую из твердых частиц, и осветляется.

Расчет осветлителя коридорного типа

1. Площадь осветлителей. Ее следует определять для двух периодов:
 - минимальной мутности при максимальном зимнем расходе воды;
 - наибольшей мутности при наибольшем расходе воды, соответствующем этому периоду.

Площадь определяется по формуле:

$$F = F_{\text{осв}} + F_{\text{отд}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot K_{\text{р.в.}}}{3,6 \cdot v_{\text{осв}}} + \frac{(1 - K_{\text{р.в.}}) \cdot Q_{\text{расч}}}{3,6 \cdot v_{\text{осв}}}, \text{ м}^2$$

где $F_{\text{осв}}$ – площадь зоны осветления, м²;

$F_{\text{отд}}$ – площадь зоны отделения осадка, м²;

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

$K_{\text{р.в.}}$ – коэффициент распределения воды между зонами осветления и отделения осадка (осадкоуплотнители), принимаемый по табл. 20 [1];

$v_{\text{осв}}$ – скорость восходящего потока воды в зоне осветления, мм/с, табл. 20 [1].

Для зон осветления и отделения осадка надлежит принимать наибольшие значения площадей, полученных при расчете для двух периодов.

2. Количество осветителей:

$$N = \frac{F}{f}$$

где f - площадь одного осветителя в плане, м^2 , не должна превышать 100-150 м^2 .

3. Площадь каждого из двух коридоров осветителя:

$$f_{\text{кор}} = \frac{F_{\text{осв}}}{2 \cdot N}, \text{ м}^2.$$

Площадь осадкоуплотнителя

$$f_{\text{о.у.}} = \frac{F_{\text{омо}}}{N}, \text{ м}^2.$$

Длина коридора осветителя

$$l_{\text{кор}} = \frac{f_{\text{кор}}}{b_{\text{кор}}}, \text{ м}$$

где $b_{\text{кор}}$ – ширина коридора, принимается 2,6 м.

Ширина осадкоуплотнителя выше окон для приема осадка

$$b_{\text{о.у.}} = \frac{f_{\text{о.у.}}}{l_{\text{кор}}}, \text{ м.}$$

4. Водораспределительный дырчатый коллектор.

4.1. Диаметр коллектора

$$d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{кол}}}{\pi \cdot v_{\text{кол}}}}, \text{ м}$$

где $q_{\text{кол}}$ – расход воды, приходящийся на один коллектор:

$$q_{\text{кол}} = \frac{Q_{\text{расч}}}{N \cdot 2 \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$v_{\text{кол}}$ – скорость входа воды в дырчатый коллектор.

Так как во второй половине дырчатого коллектора скорость становится менее 0,5 м/с, коллектор принимается телескопической формы.

4.2. Площадь отверстий распределительного коллектора:

$$\Sigma f_0 = g_{\text{кол}} : v_0, \text{ м}^2$$

где v_0 – скорость выхода воды из отверстий, принимается $v_0 = 1,5-2$ м/с.

4.3. Количество отверстий считается по формуле ().

Отверстия размещают в два ряда по обеим сторонам коллектора в шахматном порядке; они направлены вниз под углом 45° к горизонту.

4.4. Расстояние между осями отверстий в каждом ряду:

$$e = 2l_{\text{кор}} : n_0 < 500 \text{ мм.}$$

5. Водосборные желоба с затопленными отверстиями для сбора воды.

Желоба размещают в зоне освещения в верхней части осветителя, вдоль боковых стенок коридоров.

5.1. Расход воды на каждый желоб:

$$q_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{р.в.}} (Q_{\text{расч}} \cdot N)}{2 \cdot 2 \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}$$

5.2. Ширина желоба прямоугольного сечения:

$$b_{\text{ж}} = 0,9 q_{\text{ж}}^{0,4}$$

Затопленные отверстия размещаются в один ряд по внутренней стенке желоба на 7 см ниже его верхней кромки.

5.3. Глубина желоба в начале и в конце его:

$$h_{\text{нач}} = 7 + 1,5 \frac{b_{\text{ж}}}{2}$$

$$h_{\text{кон}} = 7 + 1,5 \frac{b_{\text{ж}}}{2}$$

5.4. Площадь отверстий в стенке желоба:

$$\sum f_o = \frac{q_{\text{ж}}}{\mu \sqrt{2qh}}, \text{ м}^2$$

где h – разность уровней воды в осветлителе и в желобе, равная 0,05 м;
 μ – коэффициент расхода, равный 0,65.

5.5. Количество отверстий и шаг отверстий определяются по формулам (), () при диаметре отверстий не менее 25 мм и длине желоба, равной длине коридора осветлителя.

6. Осадкоприемные окна.

6.1. Расход воды, который поступает вместе с избыточным осадком в осадкоуплотнитель с двух сторон:

$$Q_{\text{ок}} = \frac{(1 - K_{\text{р.в.}}) \cdot Q_{\text{расч}}}{2 \cdot N}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

6.2. Площадь осадкоприемных окон с каждой стороны осадкоуплотнителя

$$f_{\text{ок}} = Q_{\text{ок}} : v_{\text{ок}}, \text{ м}^2$$

где $v_{ок}$ – скорость движения воды с осадком в окнах, равная 36-54 м/час.

6.3. Общая длина окон с каждой стороны осадкоуплотнителя:

$$l_{ок} = f_{ок} : h_{ок}, \text{ м}$$

где $h_{ок}$ – высота окна, принимается 0,2 м.

6.4. Ширина окна

$$b_{ок} = l_{ок} : N_{ок}, \text{ м}$$

где $N_{ок}$ – количество окон с каждой стороны осадкоуплотнителя (в следующем можно принять $N_{ок} = 10$).

6.5. Шаг окон по горизонтали

$$e_o = l_{кор} : N, \text{ м}$$

7. Дырчатые трубы для сбора и отвода воды.

Верх сборных дырчатых труб должен быть расположен не менее чем на 0,3 м ниже уровня воды в осветлителях и не менее чем на 1,5 м выше верха осадкоприемных окон.

7.1. Расход воды через каждую сборную дырчатую трубу:

$$Q_{сб} = \frac{(1 - K_{p.v.}) \cdot Q_{расч} - Q_{ос}}{2 \cdot N}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

где $Q_{ос}$ – потеря воды при продувке, определяется по формуле:

$$Q_{ос} = \frac{Q_{расч} \cdot K_{p.v.} \cdot (C_v - M_{осв})}{\delta}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Где C_v , $M_{осв}$, δ - см. пояснения к формуле ().

7.2. Диаметр труб определяется при скорости не более 1,5 м/с. Необходимая площадь отверстий – при скорости входа воды в отверстия не менее 1,5 м/с, количество отверстий – при диаметре отверстий 15-20 мм, шаг отверстий при длине трубы, равной длине коридора.

8. Определение высоты осветлителя.

8.1. Высота осветлителя, считая от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов:

$$H_{\text{осв}} = \frac{b_{\text{кор}} - b_{\text{ж}}}{2 \operatorname{tg} \alpha / 2}, \text{ м}$$

где $b_{\text{кор}}$ – ширина коридора осветлителя, м;

$b_{\text{ж}}$ – ширина одного желоба, м;

α – центральный угол, образуемый прямыми, проведенными от оси водораспределительного коллектора к верхним точкам кромок водосборных желобов; принимается не более 30° .

8.2. Высота пирамидальной части осветлителя:

$$h_{\text{пир}} = \frac{b_{\text{кор}} - a}{2 \operatorname{tg} \alpha_1 / 2}, \text{ м}$$

где a – ширина коридора понизу, принимаемая обычно равной 0,4 м;

α_1 – центральный угол наклона стенок коридора, принимается $60-70^\circ$.

8.3. Высота зоны взвешенного осадка выше перехода наклонных стенок осветлителя в вертикальные:

$$h_{\text{верт}} = H_{\text{осв}} - h_{\text{защ}} - h_{\text{пир}}, \text{ м}$$

где $h_{\text{защ}}$ – высота защитной зоны над слоем взвешенного осадка, принимается в пределах 1,5-2 м.

При этом $h_{\text{верт}}$ должна быть не менее 1,5 м.

8.4. Общая высота зоны взвешенного осадка:

$$h_{\text{з.в.о.}} = h'_{\text{верт}} + \frac{h_{\text{пир}}}{2}, \text{ м} \quad 2,0 < h_{\text{з.в.о.}} < 2,5 \text{ м}$$

где $h'_{\text{верт}}$ – уточненная высота $h_{\text{верт}}$ (при необходимости).

8.5. Определяют расстояние верхней кромки осадкоприемных окон от поверхности воды в осветлителе и расстояние нижней кромки окон от дна осветлителя. При этом низ осадкоприемных окон должен быть на 1,0-1,5 м выше перехода наклонных стенок зоны взвешенного осадка в вертикальные.

9. Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе.

9.1. Объем осадкоуплотнителя:

$$W = I_{\text{кор}} \left[b_{\text{о.у.}} \cdot h'_{\text{верт}} + 2 \cdot \left(\frac{h_{\text{нур}} \cdot 0,5 \cdot b_{\text{о.у.}}}{2} \right) \right], \text{ м}^3$$

9.2. Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе:

$$T = \frac{W \cdot \delta}{Q'_{\text{осв}}}, \text{ ч.}$$

где δ – концентрация взвешенных веществ в осадкоуплотнителе, кг/м^3 ,
см. формулу ();

$Q'_{\text{ос}}$ – количество осадка, поступающего в осадкоуплотнитель, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$Q'_{\text{ос}} = C_{\text{в}} \cdot \frac{Q_{\text{расч}}}{N}$$

где $C_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных веществ в воде, кг/м^3 (см. гл. 6);

$Q_{\text{расч}}$ – расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

N – количество осветлителей.

10. Дырчатые трубы для удаления осадка из осадкоуплотнителя.

Эти трубы размещаются по продольной оси, где сходятся наклонные стенки осадкоуплотнителя.

10.1. Диаметр трубы определяют:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q''_{\text{ос}}}{\pi \cdot v}}, \text{ м} \quad d > 150 \text{ мм.}$$

где $Q''_{\text{ос}}$ – расход осадка через каждую осадкоприемную трубу, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q''_{\text{ос}} = \frac{W}{2 \cdot t \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где t – время, в течении которого отводится накопившийся осадок, ч.,
принимается не более 15-20 минут (0,25-0,33 часа);

v – скорость движения осадка в конце трубы, м/с , принимается не
менее 1 м/с .

10.2. Необходимая площадь отверстий определяется при скорости не более 3 м/с, количество отверстий – при диаметре отверстий не менее 20 мм, шаг отверстий – при длине трубы, равной длине коридора, и шаг отверстий должен быть не более 0,5 м.

8. ОСВЕТЛИТЕЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Фильтрация является завершающим этапом освобождения воды от взвешенных веществ как природного происхождения, так и образовавшихся при ее реагентной очистке.

Этот процесс осуществляется путем пропуска воды через слой зернистого фильтрующего материала определенной высоты в специальных аппаратах – фильтрах.

Для загрузки открытых фильтров рекомендуется применять зернистые материалы, удовлетворяющие техническим требованиям по фракционному составу и степени однородности размера зерен, механической прочности и химической стойкости в обрабатываемой воде; в санитарно-гигиеническом отношении материал должен быть безвредным для здоровья людей и не придавать очищаемой воде неприятным привкусов и запахов. В качестве фильтрующих загрузок фильтров [1] применяются кварцевый песок, антрацит, керамзит, горелые породы, доменные шлаки, шунгизит, аглопориты.

В зависимости от площади фильтрования фильтры могут быть с боковым (рис. 18) и центральным (рис. 19) сборным каналом.

Рис. 18. Схема осветлительного фильтра с боковым сборным каналом.

- 1 – корпус фильтра;
- 2 – фильтрующий слой;
- 3 – боковой сборный канал;
- 4 – желоба;
- 5 – коллектор распределительной системы;
- 6 – ответвления (дырчатые трубы) распределительной системы.

Рис. 19. Схема осветлительного фильтра с центральным сборным каналом.

- 1 – корпус фильтра;
- 2 – фильтрующий слой;
- 3 – центральный сборный канал;
- 4 – желоба;
- 5 – дырчатые трубы распределительной системы;
- 6 – трубопровод подачи исходной воды;
- 7 – трубопровод отвода фильтрата и подачи промывной воды.

Расчет скорого безнапорного осветлительного фильтра ведется в следующей последовательности.

1. Принимается тип загрузки осветлительного фильтра и ее основные параметры согласно требованиям [1] и в соответствии с рекомендациями (таблица 1).

Таблица 1.

Параметры фильтрующих загрузок

Конструкция фильтра	Характеристика фильтрующего слоя			Допустимые скорости		Параметры промывки		
	Вид загрузки	Диаметр зерен, мм	Толщина, см	При нормальном режиме, м/ч	При форсированном режиме, м/ч	Интенсивность, л/с·м ²	Продолжительность, мин	Продолжительность фильтроцикла, ч.
Скорые однослойные фильтры	Кварцевый песок	0,5...1,25	70	5,5...6,0	6,5...7,5	12...14	6...5	8...24
		0,7...1,6	120...130	7,0...8,0	8,0...10,0	14...16	6...5	
		0,8...2,0	130...200	8,0...10,0	10,0...12,0	16...18	6...5	
	Керамзит дробленый	0,5...1,2	70...80	5,5...7,0	7,0...9,0	11...12	14	8...24
		0,7...1,5	120...130	7,0...9,0	9,0...11,0	12...13	12	
		0,9...1,8	180...200	9,0...11,0	11,0...13,0	13...14	10	
Горелые породы	0,5...1,2	80	6,0...8,0	8,0...10,0	14	8	8...24	
	1,2...1,3	100	9,0...11,0	11,0...13,0	16	7		
	1,8...2,0	120	12,0...13,0	14,0...17,0	18	6		
Скорые двухслойные фильтры	Антрацит дробл.	0,8...1,8	40...50	8,0...10,0	10,0...12,0	12...13	7...6	8...12
	Кварцев. песок	0,5...1,25	60...70					
	Керамзит недробл.	0,8...1,8	40...50					
	Кварцев. песок	0,5...1,25	60...70	9,0...10,0	10,0...12,0	12...13	12	8...12
Керамзит дробл.	1,0...1,5	40...50						
	Кварцев. песок	0,5...1,0	60...70	10,0...11,0	11,0...13,0	10...12	14	8...24
Контактные осветлители: КО-1 КО-1 (безгравийный)	Кварцевый песок	0,7...2,0	200...250	4...5	6,0	Водовоздушная промывка		8...12
		0,7...2,0	200					
КО-6 КО-6 (безгравийный)	Кварцевый песок	0,7...2,0	150...170	4...5	6,0	Водовоздушная промывка		8...12
		0,7...2,0	150...170					

2. Определяется общая площадь фильтров:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{\text{ст}} \cdot v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot v_{\text{н}}}, \text{ м}^2$$

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

$T_{\text{ст}}$ – продолжительность работы станции в течении суток, ч.;

$V_{\text{н}}$ – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/час, (табл. 1) и согласно рекомендациям [1];

$n_{\text{пр}}$ – число промывок фильтра (табл. 1) и [1];

$q_{\text{пр}}$ – удельный расход воды на промывку, $\text{м}^3/\text{м}^2$:

$$q_{\text{уд}} = \frac{\omega \cdot t_{\text{пр}} \cdot 60}{1000}, \text{ м}^3/\text{м}^2$$

ω – интенсивность подачи промывной воды, $\text{л}/\text{с}\cdot\text{м}^2$ (табл. 1);

$t_{\text{пр}}$ – продолжительность промывки, мин. (табл. 1);

$\tau_{\text{пр}}$ – время простоя фильтра в связи с промывкой (0,33 часа при водяной и 0,5 часа при водовоздушной промывке).

3. Определяется количество фильтров:

$$N_{\phi} = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}}$$

и принимается конструкция фильтров (согласно рис. 17 или 18).

4. Рассчитывается устройство для сбора и отвода промывной воды (желоба и сборный канал). Расчет ведется на пропуск промывного расхода:

$$q_{\text{пр}} = \omega \cdot f_{\text{пр}}, \text{ л/с}$$

4.1. Ширина сборного канала принимается конструктивно $b_{\text{к}} = 0,8-1,2$ м.

4.2. Расстояние от дна канала до дна желоба:

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{b_{\text{кан}}^2}{q_{\text{кан}}^2}} + 0,2, \text{ м}$$

где $q_{\text{кан}}$ – расход воды по каналу, $\text{м}^3/\text{с}$, равный $q_{\text{пр}}$.

4.3. Определяется количество желобов $n_{ж}$ путем деления ширины фильтра на расстояние между осями желобов (не более 2,2 м).

4.4. Рассчитывается площадь поперечного сечения желобов:

$$f_{ж} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{ж}^2}{q} \cdot B}, \text{ м}^2$$

где $q_{ж}$ – расход воды на один желоб

$$q_{ж} = \frac{q_{пр}}{n_{ж}}$$

B – ширина желоба, м

$$B = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{ж}^2}{(1,57 + a) \cdot 3}}$$

где K – коэффициент, равный 2,1 для желоба с треугольным основанием и 2,0 – для полукруглого основания;

a – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины (1-1,5).

4.5. Расстояние от кромки желоба до поверхности фильтрующей загрузки:

$$\Delta h_{жс} = \frac{H_{ф} \cdot e}{100} + 0,3, \text{ см}$$

e – допустимое относительное расширение загрузки (табл. 1),

$H_{ф}$ – высота слоя фильтрующей загрузки (табл. 1), м.

5. Расчет распределительной системы фильтра

Для фильтра с боковым сборным каналом

5.1. Принимается схема подачи (рис. 18) промывной воды.

Подача промывной воды может осуществляться промывным насосом, подающим промывную воду из РЧВ или от водонапорной башни, в баке которой хранится объем воды, достаточный на две промывки фильтров.

5.2. Определяется диаметр коллектора по допустимой скорости (1-1,2 м/с), [1].

5.3. Определяют количество ответвлений

$$n = 2 \cdot \frac{L}{m}$$

где L – длина боковой поверхности фильтра, м;

m – расстояние между осями труб ответвлений (0,25-0,35), м [1].

5.4. Определяют длину ответвлений

$$l = \frac{B - d_{кол}}{2}, \text{ м}$$

5.5. Определяют диаметр труб ответвлений по скорости движения воды (1,8-2,0 м/с).

При наличии гравийных поддерживающих слоев на ответвлениях распределительной системы предусматриваются отверстия диаметром 10-12 мм, при отсутствии поддерживающих слоев на трубах насакаются щели шириной на 0,1 мм меньше размера минимальной фракции фильтрующей загрузки. Общая площадь отверстий должна составлять (0,25-0,3)% от площади фильтра. Общее количество отверстий на ответвлениях N определяется путем деления суммарной площади отверстий на площадь одного отверстия f.

Для фильтра с центральным сборным каналом (рис.19)

Расчет ведется в той же последовательности. При этом вносятся изменения в пункты:

5.2. Не выполняется в виду отсутствия коллектора (см. схему рис.19).

5.3.
$$n_{отв} = \frac{L}{m}$$

5.4.
$$l = \frac{B}{2}, \text{ м}$$

6. Размеры трубопроводов принимают из условия форсированного режима работы при скоростях движения воды, рекомендуемых [1] и сводят в таблицу 2.

Таблица 2.

Диаметры трубопроводов фильтровального зала

Наименование трубопровода	Рекомендуемая скорость, м/с	Сечение канала или диаметра, мм	Расход, м ³ /с	Расчетная скорость, м/с
Подача отстоянной воды на фильтры	0,8...1,2			
То же на I фильтр	0,8...1,2			
Отвод фильтрата	1,0...1,5			
То же с I фильтра	1,0...1,5			
Подача промывной воды на фильтры	1,5...2,0			
То же на I фильтр	1,5...2,0			
Отвод воды после промывки	1,5...2,0			
То же с I фильтра	1,5...2,0			

7. Определяются потери напора при промывке фильтров.

7.1. В фильтрующем слое:

$$h_p = (a + b \cdot \omega) H_{\phi} , \text{ м}$$

где ω – интенсивность подачи промывной воды;

a и b – эмпирические коэффициенты, принимают в зависимости от типа загрузки и равные 0,75-0,85 и 0,017-0,004 для кварцевого песка соответственно.

7.2. В поддерживающих слоях:

$$h_{п.с.} = 0,022H_{п.с.}\omega ; \text{ м}$$

где $H_{п.с.}$ – высота поддерживающих слоев, м.

7.3. В отверстиях труб распределительной системы:

$$h_{п.с.} = \left(\frac{2,2}{a^2} + 1 \right) \cdot \frac{v_{кол}^2}{2g} + \frac{v_{р.м.}^2}{2g} , \text{ м}$$

где a – отношение площади всех отверстий к площади сечения коллектора.

7.4. В трубопроводе, подводящем промывную воду:

$$h = il , \text{ м}$$

l – длина трубопровода (согласно схеме генплана), м.

7.5. В фасонных частях и арматуре:

$$h = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} , \text{ м}$$

где $\sum \xi$ - суммарный коэффициент местных сопротивлений (согласно схеме фильтра).

8. Необходимый напор промывного насоса или высоту ствола водонапорной башни определяется как сумма потерь на фильтре, геометрической высоты подъема воды и запаса, равного 1,5 м.

9. Объем бака для промывной воды рассчитывают на двух промывки (при одновременной промывке одного фильтра) или на три промывки (при одновременной промывке двух фильтров).

9. КОНТАКТНЫЕ ОСВЕТИТЕЛИ

Контактные осветлители являются разновидностью скорых фильтров, работающих на принципе фильтрования снизу вверх, в направлении убывания крупности зерен в слое фильтрующей загрузки.

Расчет контактных осветлителей ведется методически как осветлительных фильтров со следующими особенностями. Для предотвращения попадания в распределительную систему контактных осветлителей водорослей, крупной взвеси, перед контактными осветлителями устанавливаются барабанные сетки (БС), а при наличии в воде планктона в количестве более 1000 кл./мл – микрофильтры (МИ).

Расчет количества и выбор типоразмеров барабанных сеток и микрофильтров следует производить в соответствии с указаниями [1]. Техническая характеристика барабанных сеток и микрофильтров приведена в таблице 3.

Для загрузки контактных осветлителей применяют фильтрующие материалы, отвечающие требованиям [1], а гранулометрический состав и высоту загрузки - согласно табл. 1.

Промывка контактных осветлителей ведется восходящим потоком воды, подаваемой с интенсивностью 13-15 л/с·м² в течении 7-8 минут.

Расход воды на промывку и устройства для подачи промывной воды рассчитывают так же, как и для скорых фильтров.

Распределительная система контактного осветлителя должна быть доступна для прочистки от засорения. Поэтому ее магистральные каналы выполняют такой высоты, чтобы обеспечить доступ человека к распределительным трубам. Эти каналы могут располагаться либо у передней стенки контактного осветлителя (боковой канал), либо в центре него (центральный канал).

Таблица 3.

Типоразмер	Условные размеры барабана, м	Ориентировочная производительность, тыс. м ³ /сут		Примечание
		МФ	БС	
1,5 x 3	1,5 x 1,9	7	20	
1,5 x 3	1,5 x 2,8	10	30	
1,5 x 4	1,5 x 3,7	13,5	40	
3 x 3	3 x 2,8	26	60	
3 x 4	3 x 3,7	35	80	
3 x 5	3 x 4,6	44	100	

10. УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Обеззараживание воды, применяемое с целью уничтожения имеющихся в ней бактерий, достигается обычно хлорированием воды жидким (газообразным) хлором или раствором хлорной извести (в установках производительностью не более 3000 м³/сут.). Обеззараживание воды может быть также достигнуто озонированием или действием на нее бактерицидных лучей, представляющих часть ультрафиолетового спектра.

Выбор метода обеззараживания воды надлежит производить с учетом расхода и качества воды, эффективности ее очистки, условий поставки, транспорта, хранения реагентов, возможности автоматизации процессов и механизации трудоемких работ.

Расчет хлораторной установки для дозировки жидкого хлора

Обычно на очистных сооружениях 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 $D_{cl}^I = 3-10$ мг/л [1]. Хлор рекомендуется вводить за 1-3 мин. до ввода коагулянтов. Второй – собственно обеззараживание. Дозу активного хлора следует принимать для поверхностных вод после фильтрования $D_{cl}^{II} = 2-3$ мг/л, для вод подземных источников 0,7-1 мг/л. При этом концентрация остаточного хлора в воде должна отвечать ГОСТ 2874-82, то есть быть в пределах 0,3-0,5 мг/л.

Хлорирование воды осуществляется при помощи хлор-газа, который доставляется и хранится в сжиженном состоянии в стандартных стальных баллонах. Технические характеристики баллонов этого типа представлены в табл. 5.14 [2] или табл. III [3].

Для дозирования в воду хлора необходимы специальные аппараты – так называемые хлораторы.

Существуют различные конструкции хлораторов. Наиболее распространенным является вакуумный хлоратор системы ЛОНИИ-СТО. Технические характеристики хлораторов ЛОНИИ-СТО представлены в табл. 5.17 [2].

Для установки хлораторов на водоочистных станциях устраиваются специальные помещения, так называемые хлораторные. При производительности хлораторной более 250 кг/сут. помещение должно быть

разделено глухой стеной на две части (собственно хлораторную и аппаратную) с самостоятельными запасными выходами наружу из каждой.

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 бачки, 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:

$$Q_{cl} = \frac{Q_{сут} \cdot (D'_{cl} - D''_{cl})}{24 \cdot 1000}, \text{ кг/ч}$$

где $Q_{сут}$ – расход воды, м³/ч;

D'_{cl} , D''_{cl} – доза хлора соответственно для предварительного и вторичного хлорирования, мг/л.

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

3. Количество расходных хлорных баллонов:

$$n_{бал} = Q_{cl} : S_{бал}, \text{ шт.}$$

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

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

$$n_б = Q_{cl} : q_б, \text{ шт.}$$

где $q_б$ – съём хлора с одной бачки:

$$q_б = F_б \cdot S_{cl}, \text{ кг/ч}$$

где S_{cl} – съём хлора с 1 м^2 боковой поверхности бочки, составляет 3 кг/ч ;
 F_6 – боковая поверхность бочки, м^2 :

$$F_6 = l \cdot \pi \cdot D_v ,$$

где l , D_v – соответственно длина и внутренний диаметр бочки, м , принимаются по табл. 5.15 [2] или по табл. III.2 [3].

5. Для пополнения расхода хлора из бочки, его переливают из стандартных баллонов емкостью 55 л (см. 5.14 [2] или табл. III.1 [3]), создавая разрежение в бочках путем отсоса хлор-газа эжектором. Это мероприятие позволяет увеличить съём хлора $S_{бал}$ до 5 кг/ч с одного баллона и, следовательно, сократить количество одновременно действующих расходных баллонов:

$$n_{бал} = Q_{cl} : S_{бал} , \text{ шт.}$$

6. Суточная потребность в баллонах с жидким хлором:

$$N_{бал} = \frac{24 \cdot Q_{cl}}{55}$$

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):

$$N = N_{бал} + 0,5 \cdot N_{бал}$$

8. Для обеспечения весового контроля расхода хлора каждая бочка-испаритель в горизонтальном положении размещается на платформе весов. Технические характеристики весов представлены в табл. 5.16 [2] или в табл. IV.1 [3].

9. Определение количества баллонов, размещаемых на складах.

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

$$n_{бал} = N_{бал} \cdot 3 , \text{ шт.}$$

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

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

Расчет озонирующей установки

Применение озона для обеззараживания воды допускается при обосновании. При проектировании озонаторных установок следует предусматривать устройства для синтеза озона и смешения озono-воздушной смеси с водой. Необходимую дозу озона для обеззараживания надлежит принимать: для вод подземных источников – 0,75-1 мг/л, для фильтрованной воды – 1-3 мг/л.

Расчет установки ведут в следующей последовательности:

1. Расчетный расход озона:

$$Q_{\text{оз}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{оз}}}{1000}, \text{ кг/сут.}$$

где $Q_{\text{сут}}$ – расчетный расход воды, м³/сут.
 $D_{\text{оз}}$ – доза озона, мг/л.

2. По расчетному расходу озона подбирается озонатор по табл. 5.24 [2] или разделу IV [3]. Необходимо также предусмотреть один резервный озонатор такой же производительности.

3. Количество сухого воздуха, необходимого для электросинтеза:

$$Q_{\text{в}} = \frac{G_{\text{оз}} \cdot 1000}{K_{\text{оз}}}, \text{ м}^3/\text{час.}$$

где $G_{\text{оз}}$ – производительность одного озонатора, кг/ч;
 $K_{\text{оз}}$ – коэффициент весовой концентрации озона, $K_{\text{оз}} = 20 \text{ г/м}^3$.

2. Общий расход охлаждаемого воздуха:

$$V_{\text{о.в.}} = N \cdot Q_{\text{в}} + 360, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где 360 – расход воздуха на регенерацию адсорберов АГ-50;
 N – количество рабочих озонаторов.

По данному расходу осуществляется подбор водокольцевых воздуходувок по табл. 4.28 [2] или по табл. V.30 [3].

3. Первая ступень осушки воздуха осуществляется при помощи фреонового холодильного агрегата марки АК-ФВ-30/15 холодопроизводительностью 7000 ккал/ч. Вторая ступень осушки воздуха – адсорбирующая установка. После охлаждения и осушки во фреоновом холодильнике воздух поступает на окончательную досушку в адсорбера автоматического действия марки АГ-50.

6. Расчет контактной камеры для смешения озono-воздушной смеси с водой.

6.1. Необходимая площадь поперечного сечения контактной камеры в плане:

$$F_k = \frac{Q_{\text{час}} \cdot T}{n \cdot N}, \text{ м}^2$$

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

T – продолжительность контакта озона с водой, принимается в пределах 5-10 минут;

n – количество контактных камер, минимальное количество – 2;

N – глубина слоя воды в контактной камере, принимается обычно 4-5 м.

Камера принимается прямоугольной в плане, размеры – произвольно.

6.2. Для равномерного распыления озонированного воздуха у дна контактной камеры размещают перфорированные трубы. Принимаются керамические пористые трубы. Каркасом служит труба из нержавеющей стали (наружный диаметр $d_n = 57$ мм, внутренний – $d_{\text{вн}} = 49$ мм) с отверстиями диаметров 4-6 мм. На нее надевается фильтросная труба – керамический блок длиной $l = 500$ мм, внутренним диаметром 64 мм, наружным – 92 мм.

Количество озонированного воздуха, подаваемого по распределительным трубам:

$$q_{\text{оз.в.}} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha}{3600}, \text{ м}^3/\text{сек}$$

где α - отношение объема газовой смеси к объему обрабатываемой воды, обычно принимают равным 0,27; 0,5; 1:

$$\alpha = N \cdot Q_s$$

При принятых размерах камеры в плане, принимаем количество магистральных распределительных труб ($N_{тр}$) и количество керамических блоков на каждой распределительной трубе.

Проверяется скорость движения воздуха в трубопроводе:

$$V = q_{тр} : f_{тр}, \text{ м/с } (v = 10-15 \text{ м/с})$$

где $q_{тр}$ – расход озонированного воздуха, приходящегося на живое сечение каждой трубы:

$$q_{тр} = \frac{q_{оз.в.}}{n \cdot N_{тр}}, \text{ м}^2$$

$f_{тр}$ – площадь поперечного сечения магистральной распределительной трубы, м^2 , при $d_{вн} = 49 \text{ мм}$ $f_{тр} = 0,00188 \text{ м}^2$.

11. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ДЕЗОДОРАЦИИ ВОДЫ

При необходимости введения специальной обработки воды для удаления органических веществ, а также снижения интенсивности привкусов и запахов надлежит применять окисление и последующую сорбцию веществ, осуществляемому путем фильтрования воды через гранулированные активные угли с периодической их регенерацией или заменой.

В случаях кратковременного использования активных углей и при обосновании допускается применять их в виде порошка, вводимого в воду перед ее коагуляционной обработкой или перед фильтрами. Порошкообразный активный уголь подлежит вводить в воду до коагулянта с интервалом времени не менее 10 минут. Дозу угля перед фильтрами следует принимать до 5 мг/л [1]. Технологическая схема представлена на рисунке 20.

Рис. 20. Технологическая схема приготовления угольной пульпы.

- 1 – вакуум-бункер с секторным питателем;
- 2 – расходный бак угольной пульпы;
- 3 – насос для подачи угольной пульпы;
- 4 – дозатор;
- 5 – воздуходувка;
- 6 – хранение активного угля в таре;
- 7 – трубопровод для подачи угольной пульпы в смеситель;
- 8 – трубопровод подачи отдозированной пульпы в смеситель;
- 9 – трубопровод возврата угольной пульпы;
- 10 – вакуум-насос;
- 11 – вакуум-трубопровод.

1. Суточный расход активного угля:

$$G = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D}{10000}, \text{ Т}$$

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

D - доза угля, мг/л, принимается до 5 мг/л.

2. По [3] принимается типовой вакуум - бункер и рассчитывается количество суток, на которое загружается фильтр. По таблице 4.29 [2] или таблице V.31 [3] подбирается вакуум - насос.

3. Объем расходных баков угольной пульпы:

$$W = \frac{Q_{\text{расч.}} \cdot D \cdot T}{10000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3$$

где $Q_{\text{расч.}}$ - расход воды, $\text{м}^3/\text{час}$;

T - время заготовки угольной пульпы, ч, принимается 12 - 24 ч.

b - концентрация угольной пульпы, %, принимается до 8 % [1];

γ - удельный вес угольной пульпы, $\text{т}/\text{м}^3$, принимается $\gamma = 1 \text{ т}/\text{м}^3$.

Количество расходных баков не менее двух. Размеры баков в плане принимаются продольно.

4. Расход воздуха для перемешивания:

$$q = F \cdot n \cdot \omega, \text{ л/с}$$

где F, n - соответственно площадь и количество;

ω - интенсивность подачи воздуха, $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$, принимается 3 - 5 $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$.

5. Расчет и подбор оборудования для дозирования угольной пульпы приведен в п. данных методических указаний.

6. Подбор насоса для перекачивания угольной пульпы осуществляется по [2, 3, 4]. Насосы должны быть стойкими к абразивному воздействию угля.

12. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ОТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ И КОНТАКТНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Отстойники промывных вод следует рассчитывать, исходя из периодического поступления промывных вод, отстаивания и равномерного перекачивания осветленной воды в трубопроводы перед смесителями. Продолжительность отстаивания промывных вод надлежит принимать для станции безреагентного обезжелезивания воды - 4 часа, для станций осветления воды и реагентного обезжелезивания - 2 часа. Количество отстойников надлежит принимать не менее 2.

Задача: рассчитать вертикальные отстойники для обработки промывных вод при следующих исходных данных: количество отстойников - 4; площадь фильтра F - 28,86 м²; интенсивность промывки фильтра ω - 14 л/с · м²; продолжительность промывки t_1 - 6 мин., количество фильтров N - 8 шт., количество промывок каждого фильтра в сутки $n_{пр}$ - 2. Расчетная схема вертикального отстойника приведена на рисунке 21.

Решение: 1. Общий объем отстойников определяется из условия подачи в них воды после двух промывок.

$$W = \frac{2 \cdot \omega \cdot F \cdot 60 \cdot t_1}{1000} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 28,86 \cdot 60 \cdot 6}{1000} = 290,9 \text{ м}^3$$

2. Объем воды, приходящийся на один отстойник:

$$W_1 = \frac{W}{4} = \frac{290,9}{4} = 72,7 \text{ м}^3$$

3. Площадь отстойника:

$$F_1 = \frac{W_1}{H} = \frac{72,7}{4} = 18,2 \text{ м}^2$$

где H - высота отстойной части, принимается равной 4 м.

4. В плане отстойник принимается квадратным со стороной равной

$$b_в = \sqrt{F_1} = \sqrt{18,2} = 4,25 \text{ м}$$

5. Для отвода осадка принимаем трубопровод $d = 200$ мм, $b_{н.} = 0,2$ м, тогда высота конической части при угле наклона стороны к горизонту 50° составит

$$h_{к.} = \frac{b_{в.} - b_{к.}}{2 \operatorname{tg}(90^\circ - 50^\circ)} = \frac{4,25 - 0,2}{2 \operatorname{tg}40^\circ} = 3,16 \text{ м.}$$

6. Период работы между сбросом осадка:

$$T_{р.} = \frac{W_{ос.ч.} \cdot N \cdot \delta}{q \cdot (C_{в.} - M_{осв.})}$$

где $W_{ос.ч.}$ - объем осадочной части отстойника, м^3

$$W_{ос.ч.} = \frac{h_{к.}}{3} \cdot (f_{в.} + f_{н.} + \sqrt{f_{в.} \cdot f_{н.}}) = \frac{3,16}{3} \cdot (18,2 + 0,04 + \sqrt{18,2 \cdot 0,04}) = 20,11 \text{ м}^3$$

N - количество отстойников;

δ - концентрация твердой фазы в осадке, $\text{г}/\text{м}^3$, принимается $40000 \text{ г}/\text{м}^3$;

q - объем воды;

$C_{в.}$, $M_{осв.}$ - концентрация взвешенных веществ до и после отстаивания определяется лабораторным анализом, принимаем соответственно $C_{в.} = 150 \text{ мг}/\text{л}$, $M_{осв.} = 50 \text{ мг}/\text{л}$.

$$T = \frac{20,11 \cdot 4 \cdot 40000}{290,9 \cdot (150 - 50)} = 110,6 \text{ ч} = 4,6 \text{ сут.}$$

7. Регламент промывки фильтров за сутки:

- общее количество промывок за сутки:

$$N_{пр.} = N \cdot n_{пр.} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ шт.}$$

- продолжительность промывок за сутки:

$$t_{пр.} = \frac{t_1 \cdot N_{пр.}}{60} = \frac{6 \cdot 16}{60} = 1,6 \text{ ч.}$$

- фильтры не промываются:

$$t = 24 - t_{пр.} = 24 - 1,6 = 22,4 \text{ ч;}$$

- продолжительность отстаивания промывной воды в отстойниках:

$$T_{от.} = \frac{t}{8} = \frac{22,4}{8} = 2,8 \text{ ч.}$$

Так как взвесь, содержащаяся в промывной воде, имеет тонкодисперсную структуру, то для интенсификации процесса осветления, а также для сокращения продолжительности отстаивания необходимо интенсифицировать работу отстойников путем установки в них тонкопалочных блоков.

Принимаем установку вдоль каждой стены отстойника пакеты наклонных пластин. Угол наклона пластин $\alpha = 60^{\circ}$, расстояние между пластинами (высота яруса) $h_{яр.} = 0,04$ м (40 мм), материал пластин - оконное стекло толщиной $h_{ст.} = 0,004$ (4 мм).

Конструктивно принимаем ширину блока $B = 0,75$ м.

Длина пластины:

$$l = \frac{b}{\cos 60^{\circ}} = \frac{0,75}{\cos 60^{\circ}} = 1,5 \text{ м.}$$

Высота блока:

$$H_{бл.} = H - 0,3 - 0,5 = 3,2 \text{ м.}$$

Количество ячеек в блоке:

$$n = \frac{H_{бл.} - h_1}{h_2} = \frac{3,2 - 1,3}{0,088} \approx 21 \text{ шт.}$$

где $h_1 = l \cdot \sin 60^{\circ} = 1,5 \cdot \sin 60^{\circ} = 1,3$ м.

$$h_2 = \frac{h_{я} + h_{ст.}}{\cos 60^{\circ}} = \frac{0,04 + 0,004}{\cos 60^{\circ}} = 0,088$$

Расчетная глубина осаждения частиц

$$h = \frac{h_{яр.}}{\cos 60^{\circ}} = \frac{0,04}{0,5} = 0,08 \text{ м.}$$

При гидравлической крупности частиц $U_0 = 0,2$ мм/с, продолжительность отстаивания

$$T = \frac{h \cdot 1000}{U_0} = \frac{0,08 \cdot 1000}{0,2} = 400 \text{ с.}$$

Максимальная скорость потока

$$V_{\max} = \frac{1 \cdot 1000}{T} = \frac{1,5 \cdot 1000}{400} = 3,75 \text{ мм/с.}$$

Средняя скорость потока

$$V_{\text{ср.}} = \frac{V_{\max}}{1,7} = \frac{3,75}{1,7} = 2,2 \text{ мм/с.}$$

Проверяем обеспечение ламинарного движения жидкости, т.е. число Рейнольдса должно быть менее 500.

$$Re = \frac{v_{\text{ср.}} \cdot h_{\text{яр.}}}{\nu} = \frac{0,33 \cdot 4}{0,01007} = 131 < 500$$

где ν - кинематический коэффициент вязкости жидкости при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

13. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОМПОНОВКИ ВОДООЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ

Взаимное расположение отдельных сооружений станции должно быть таково, чтобы обеспечилась минимальная протяженность трубопроводов между ними и чтобы каждый тип сооружений можно было бы вводить в эксплуатацию по очередям и расширять без существенной реконструкции станции в целом, при минимальном выключении из работы действующих сооружений.

Внутреннюю компоновку помещений станции целесообразно решать так, чтобы вся станция вписывалась в общее здание прямоугольной формы. На станции должны быть четко выделены следующие помещения: реагентное хозяйство; зал осветлителей и отстойников; зал фильтров; подсобное помещение и др.

На небольших станциях отстойные и фильтровальные сооружения обычно располагают в одном зале (ряд фильтров против ряда осветлителей со взвешенным осадком). При разделении осветлителей и фильтров их располагают в два ряда с устройством между сооружениями технологического коридора для размещения всех коммуникаций регулирующей и запорной арматуры. Горизонтальные отстойники, как правило, размещают вне здания станции. В местах же расположения шиберов и задвижек устраивают павильоны управления.

При компоновке комплекса очистных сооружений учитывают необходимые для эксплуатации служебные помещения: дозаторную реагентов, хлораторную, дехлораторную, аммонизаторную и другие вспомогательные сооружения [1]. В здании станции могут быть размещены насосы для промывки фильтров.

Для станций, производительность которых более 300 тыс. м³/сут, состав помещений следует устанавливать в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий.

Для уменьшения строительных затрат допускается использовать несущую способность конструктивных элементов основных технологических сооружений. Стены могут опираться на стены отстойников и фильтров, а перекрытия должны поддерживаться колоннами, неразмещенными на конструкциях основных сооружений. Наличие сетки колонн для поддержания перекрытий здания создает затруднения при прокладке многочисленных соединительных трубопроводов внутри помещения станции, поэтому целесообразно использовать типовые унифицированные размеры пролетов промышленных зданий для перекрытия их типовыми конструктивными элементами.

В целях обеспечения бесперебойности водоснабжения на каждой станции должна быть предусмотрена система обводных линий, обеспечивающих возможность подачи воды, минуя некоторые сооружения в случае необходимости, а также возможность отключения отдельных сооружений.

Для станций производительностью до 10 тыс. м³/сут надлежит предусматривать возможность отключения не более 30% сооружений, для станций производительностью от 10 до 100 тыс. м³/сут – не более 20%.

При производительности более 100 тыс. м³/сут обводные коммуникации допускается не предусматривать, при этом производительность отключаемых сооружений не должна быть более 20%. Задвижки на обводной линии должны быть опломбированы [1].

Напорные и безнапорные трубопроводы в станциях очистки и напорные трубопроводы на территории станции устраивают из стальных или чугунных труб [1].

В очистных сооружениях с самотечным режимом движения воды высотная схема размещения отдельных элементов должна обеспечивать непрерывное протекание воды от места ее поступления на сооружения до резервуаров чистой воды. Промежуточный подъем воды насосами применять нецелесообразно из технологических соображений и в связи с увеличением эксплуатационных расходов.

Для удобства эксплуатации очистных сооружений необходимо предусматривать возможность планомерного их расширения без прекращения работы. Обычно рекомендуется составлять несколько вариантов компоновки сооружений и сравнивать их друг с другом в отношении соблюдения всех перечисленных требований и более рационального расположения.

14. СОСТАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ПЛОЩАДКИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Территория водоочистой станции является зоной строгого санитарного режима. Граница зоны санитарной охраны площадки очистных сооружений должна совпадать с ограждением площадки высоким глухим забором на расстоянии не менее 30 - 50 м от основных сооружений станции [1]. Генплан выполняется в масштабе 1: 500, 1: 1000. На генплане показывают расположение основных сооружений и резервуаров чистой воды, а также ряда вспомогательных помещений: складов реагентов, фильтрующих материалов, хранилищ растворов реагентов, пескового хозяйства, сооружений для оборота промывных вод, обезвоживания осадка, электрических подстанций, отопительной котельной, проходной и т.п. Хранение реагентов в сухом виде производится в закрытых помещениях.

Склады коагулянтов и извести должны примыкать к помещению, где располагаются растворные баки для растворения коагулянтов и извести. При определении площади складов следует ориентироваться на создание запаса в пределах 15 - 30 суток и высоты слоя хранения согласно [1].

При проектировании складских помещений следует предусмотреть механизмы для транспортирования реагентов. Для размещения монорельсов, кран-блок и т.п. должны быть предусмотрены соответствующая высота помещений и несущие конструкции.

Песковое хозяйство водоочистных станций предусматривается для хранения загрузочных материалов. Тут же производится их сортировка и промывка перед загрузкой в фильтры.

Расчет емкостей для приема и хранения фильтрующих материалов и подбор оборудования для рассева и промывки их производится из расчета 10% ежегодного пополнения объема фильтрующей загрузки и периодичности перегрузки фильтров и контактных осветлителей через каждые 5 - 6 лет. Транспортировку фильтрующего материала производят с помощью водоструйных или песковых насосов. Диаметр трубопроводов для транспортировки пульпы определяют из расчета скорости движения пульпы 1,5...2,0 м/с, но не менее 50 мм, согласно [1].

В расходных складах хлора, располагаемых на площадках водопроводных сооружений, хранение хлора должно предусматриваться в баллонах или бочках; при суточном расходе хлора более одной тонны применяют тенки заводского изготовления емкостью до 50 тонн. Протяженность хлоропроводов более 1 км не допускается [1].

На площадке очистной станции должны быть расположены трубопроводы разного назначения: для подачи воды на станцию и отвода

воды на РЧВ; подачи и отвода воды на промывку фильтров; отвода производственных и бытовых сточных вод; подвода воды для хозяйственно-питьевых целей; теплогазоснабжения, энергоснабжения, хлоро- и реагентопроводов; наружного освещения и другие с соответствующими колодцами и камерами переключения.

На территории очистных сооружений водопровода предусматривается устройство дорог и тротуаров, а также озеленение всех свободных участков декоративными деревьями, кустарниками, цветниками и т.д.

15. РАСЧЕТ РЕЗЕРВУАРА ЧИСТОЙ ВОДЫ

Объем резервуаров чистой воды (РЧВ) определяется из условий хранения следующих запасов воды:

1. Регулирующего объема для подачи потребителю;
2. Неприкосновенного противопожарного запаса воды;
3. Объема воды на две промывки фильтров.

Ориентировочно, при отсутствии данных у водопотреблении по часам суток, объем резервуаров чистой воды может быть принят как часть от суточной производительности 25 - 30% $Q_{сут.}$

Размеры прямоугольных резервуаров, проектируемых из сборного железобетона, приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Емкость м ³	Ширина м	Длина м	Высота М	Емкость м ³	Ширина м	Длина м	Высота м
50	3	6	3,6	2000	18	24	4,8
100	6	6	3,6	3000	24	30	4,8
250	6	12	3,6	6000	36	36	4,8
500	12	12	3,6	10000	48	48	4,8
1000	12	18	4,8	20000	66	66	4,8

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 0.04.02 – 84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» - 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.Шапиро; Под ред. А.С.Москвитина – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с., ил. – (Справочник монтажника).
4. Карасев Б.В. Насосные и воздухоподводящие станции.
5. СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества».