

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 25.09.2026 10:35:49
Уникальный программный идентификатор:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра «Водоснабжение
и водоотведение»

**ВОДОПРОВОДНЫЕ ОЧИСТНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания к курсовому проектированию,
практическим занятиям и самостоятельной работе
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
профиль «Водоснабжение и водоотведение»
всех форм обучения

Составитель ***А. Г. Жулин,***
кандидат технических наук

Тюмень
ТИУ
2018

Водопроводные очистные сооружения: методические указания к курсовому проектированию, практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения / сост. А. Г. Жулин; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2018. – 42 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Водоснабжение и водоотведение» «28» августа 2018 года, протокол № 1

Аннотация

Методические указания к курсовому проектированию, практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Водоснабжение» составлены в соответствие с рабочим планом специальности ВиВ ГОУ ВПО ТИУ очной и заочной форм обучения.

В методических указаниях приведен порядок выполнения курсового проекта с набором сооружений, обеспечивающих очистку природной воды, до требований нормативных документов к качеству питьевой воды. Приведены, рекомендуемые значения показателей, используемых при проектировании сооружений водоочистки и библиографический список литературы.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	4
1	Состав курсового проекта.....	5
2	Выбор состава очистных сооружений	5
3	Определение производительности водоочистной станции	8
4	Составление высотной схемы	8
5	Реагентное хозяйство	10
6	Подготовка других реагентов	14
7	Смесители	17
8	Камеры хлопьеобразования	21
9	Вертикальные отстойники	25
10	Горизонтальные отстойники	26
11	Осветлители со слоем взвешенного осадка	29
12	Скорые фильтры	32
13	Обеззараживание воды	37
14	Склады, вспомогательные и подсобные помещения	38
15	Генплан водоочистной станции	39
	Библиографический список	40
	Приложение	41

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект «Водопроводные очистные сооружения хозяйственно-питьевого назначения» по объему и степени разработки в технологической части должен приближаться к стадии технического проекта. Задачей проекта является изучение правил проектирования водоочистных сооружений, предназначенных для осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды, забираемой из поверхностного источника.

Процесс проектирования предполагает закрепление теоретических знаний, детальное знакомство с особенностями технологии и конструкций комплекса сооружений, умение пользоваться учебной, технической и справочной литературой по изучаемому разделу.

Водоочистные сооружения представляют собой достаточно сложный, объёмный и дорогой строительный комплекс, от работы которого в значительной степени зависит обеспеченность населения водой надлежащего качества. Компоновка сооружений, помещений и оборудования станций должна предусматривать минимальные капиталовложения в строительство, удобство и экономичность эксплуатации, бесперебойность работы и возможность дальнейшего расширения при росте водопотребления. При компоновке комплекса водоочистных сооружений следует учитывать, что:

- сооружения желательно располагать в соответствии с технологической схемой обработки воды;
- необходимо предусматривать блокировку сооружений (блок реагентного хозяйства, блок отстойников или осветлителей и др.);
- горизонтальные отстойники и резервуары чистой воды сооружаются вне зданий и, как правило, в засыпке;
- расстановка арматуры должна обеспечивать возможность её монтажа и удобство обслуживания.

Следует предусмотреть максимальную степень механизации и автоматизации технологических процессов.

Выбор строительных конструкций водоочистных сооружений и элементов технологической схемы необходимо проводить согласно современным требованиям их типизации, стандартизации и сборности. Проектирование зданий осуществляется в соответствии с правилами единой модульной системы, принятой в промышленном строительстве. При назначении размеров зданий в плане следует применять модуль кратный 6000 мм (расстояние между осями колонн или стен) и по вертикали – 600 мм (высота этажа, здания).

1 СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект разрабатывается в графической и пояснительной части. Чертежи выполняются в формате А4 в количестве не более трех листов. Чертежи выполняются в соответствии с требованиями «Единой системы конструкторской документации» /ЕСКД/ в карандаше.

Расчетно-пояснительная записка должна иметь оглавление со штампом, помещаемое в начале и перечень используемой литературы, приводимый в конце записки. Помещенные в записке расчеты должны сопровождаться ссылками на пункты СП и соответствующие литературные источники, послужившие основанием для расчетов.

Расчетно-пояснительная записка включает:

- 1) Выбор и обоснование технологической схемы очистки природной воды и состава сооружений.
- 2) Описание технологии процесса очистки воды.
- 3) Технологические и гидравлические расчеты элементов водоочистных сооружений, реагентного хозяйства и вспомогательного оборудования.
- 4) Обоснование выбора схемы повторного использования промывных и сбросных вод станции очистки.
- 5) Технологические расчеты элементов повторного использования вод.
- 6) Экономические показатели проектируемого комплекса.

Графическая часть включает:

- 1) Генплан территории водоочистой станции М 1:500.
- 2) Высотную схему водоочистных сооружений.
- 3) Чертежи водоочистных сооружений М 1:100, 1:50 /планы этажей, продольные и поперечные разрезы/.

Планы и разрезы выполняются таким образом, чтобы на них были представлены все основные (особенно рассчитываемые) элементы водоочистой станции.

2 ВЫБОР СОСТАВА ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Технология обработки природной воды и необходимый состав водоочистных сооружений устанавливается в соответствии с качеством исходной воды, производительностью станции, технико-экономическими соображениями, с учетом местных условий и данных эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях. Сооружения для хозяйственно-питьевого водоснабжения в конечном итоге должны удовлетворять каче-

ству, отвечающему ГОСТу Р 51232-98 «Вода питьевая» [1] и требованиям СанПиН [2].

В основной комплекс очистных сооружений водопроводов, получивших распространение на практике, входят установки для осветления и обесцвечивания. Они улучшают физические показатели качества воды путем удаления из неё взвешенных, коллоидных и высокомолекулярных веществ, обуславливающих мутность и цветность воды. Обязательным завершающим процессом улучшения качества воды является ее обеззараживание.

Состав основных технологических сооружений станции очистки воды назначается согласно Таблице № 1, в соответствие с табл. 10 СП 31.13330.2012 [3].

Таблица № 1– Состав очистных сооружений

Основные соору- жения	Условие применения				Производи- тельность станции, м³/сут
	Мутность, мг/дм³		Цветность, град		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
1	2	3	4	5	6
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов					
1.Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование): а) напорные филь- тры; б) открытые филь- тры	до 30 до 20	до 1,5 до 1,5	до 50 до 50	до 20 до 20	до 5000 до 50000
2. Вертикальные от- стойники-скорые фильтры	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	до 5000
3. Горизонтальные отстойники – ско- рые фильтры	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	свыше 30000
4. Контактные пре- фильтры – скорые фильтры (двухсту- пенчатое фильтро- вание)	до 300	до 1,5	до 120	до 20	любая
5. Осветлители со взвешенным осад- ком – скорые филь- тры	не менее 50 до 1500	до 1,5	до 120	до 20	свыше 5000
6. Две ступени от- стойников – скорые фильтры	более 1500	до 1,5	до 120	до 20	любая
7. Контактные осветлители	до 70 (120)	до 1,5	до 120	до 20	любая

Продолжение таблицы № 1

8. Горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	до 1500	8–15	до 120	до 40	-
9. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 80	до 10	до 120	до 40	-
10. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	свыше 1500	до 250	до 120	до 20	-
11. Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления (типа «Струя»)	до 1000	до 1,5	до 120	до 20	до 800
Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов					
12. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 250	30–50 % исходной	до 120	такая же, как исходная	любая
13. Радиальные отстойники для частичного осветления воды	более 1500	30–50 % исходной	до 120	то же	-
14. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	до 1500	до 1,5	до 50	до 20	любая

Примечания:

- 1) Мутность воды указана суммарная, включая образующуюся от введения реагентов.
- 2) На водозаборных сооружениях или на станции водоподготовки необходимо предусматривать установку сеток с ячейками размером 0,5–2,0 мм. При среднемесечном содержании в воде планктона более 1000 кл/мл и продолжительности «цветения» более 1 месяца в году в дополнение к сеткам на водозаборе следует предусматривать установку микрофильтров на водозаборе или на станции водоподготовки.
- 3) При обосновании для обработки воды допускается применять сооружения, не указанные в табл. № 1, (плавающие водозаборы-осветлители, гидроциклоны, флотационные установки и др.).

4) Осветлители со взвешенным осадком следует применять при равномерной подаче воды на сооружения или постепенном изменении расхода воды в пределах не более $\pm 15\%$ в 1 ч и колебании температуры воды не более $\pm 1^\circ\text{C}$ в 1 ч.

Выбрав и обосновав комплекс сооружений водоочистки, составляют его блок-схему по ходу движения воды, на которой указываются основные сооружения и вспомогательные элементы. При предъявлении к воде особых требований в состав очистных сооружений включаются устройства и установки для ее специальной обработки.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

Расход воды, поступающий на водоочистную станцию, складывается из полезного (потребителям) и на собственные нужды. Величина полезной производительности (Q) устанавливается для суток максимального водопотребления. Расход воды на собственные нужды ($Q_{с.н.}$) зависит от состава сооружений, качества воды в источнике, схемы обработки сбросных и промывных вод и др.

Расчетная суточная производительность станции определяется по формуле

$$Q_n = Q + Q_{с.н.} = \alpha \cdot Q_n, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1)$$

где: α - коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды;

$\alpha = 1,06 - 1,08$ – при отсутствии повторного использования промывных вод;

$\alpha = 1,02 - 1,03$ – при наличии в схеме сооружений для обработки промывных и сбросных вод (схемы с повторным использованием промывных вод).

Определив полную суточную производительность станции, рассчитывают среднечасовой и секундный расходы.

4 СОСТАВЛЕНИЕ ВЫСОТНОЙ СХЕМЫ

Принятый, согласно табл. №1, состав водоочистных сооружений позволяет установить технологию очистки питьевой воды. Работа всех элементов станции непрерывна, следовательно, расчет сводится к определению таких объемов, в которых необходимые физико-химические процессы протекали бы достаточно полно. Дальнейшая задача состоит в расчете объемов и конструировании соответствующих сооружений.

По принципу движения воды в сооружениях различают схемы обработки – напорные и самотечные. В практике проектирования питьевых

станций из поверхностных источников наибольшее распространение получили открытые самотечные системы. В самотечных системах движение воды осуществляется в результате разности уровней воды в различных сооружениях.

Высотная схема устанавливает расположение отдельных сооружений по вертикали, отметки расчетных уровней воды и дна сооружений. Высотная схема составляется на основании табличных значений потерь напора в коммуникациях и сооружениях [3] и уточняется в процессе гидравлических расчетов.

Определение диаметров соединительных трубопроводов на различных участках станции проводится по таблицам [7], исходя из рекомендуемых значений скоростей движения воды между сооружениями, согласно Таблице № 2.

При составлении высотной схемы сооружения очистки воды чертят один за другим по ходу движения воды, независимо от компоновочных решений, соблюдая масштаб по вертикали.

Составление высотной схемы начинают с конечного – наиболее низкорасположенного сооружения – резервуара чистой воды. Отметку наивысшего уровня воды в РЧВ принимают из экономических и санитарных соображений на 0,5 м выше поверхности земли. Затем, ориентируясь на табличные значения потерь напора в соединительных трубопроводах и в самих сооружениях, находят необходимые относительные отметки уровней воды в отдельных сооружениях (привязка к абсолютным отметкам осуществляется для самой низкой и высокой отметки сооружения).

Таблица № 2 – Рекомендуемые значения скоростей движения воды между сооружениями водоочистной станции

№ п/п	Трубопроводы и каналы	расчетные скорости, м/с
1	От насосной станции 1- подъема к смесителю	1,0–1,5
2	От смесителя до камеры хлопьеобразования или осветлителя	1,0–0,6
3	От камеры хлопьеобразования к отстойнику	0,05–0,10 (0,3)
4	От отстойников (осветлителей) до фильтров	0,8–1,2
5	От фильтров до резервуаров чистой воды	1,0–1,5
6	В трубопроводах для подачи промывной воды к фильтрам	Не менее 2,0
7	В канале для отвода промывной воды после фильтров	не менее 0,8

На высотной схеме показывают оси промывных насосов, уровни раствора коагулянта и полиакриламида в растворных и расходных баках, отметки осей насосов перекачки растворов и воздуходувок, подающих сжатый воздух для перемешивания раствора коагулянта. При подщелачивании воды известью, на высотной схеме показывают баки для гашения извести, циркуляционные мешалки и насосы подачи известкового молока в дозаторы. Имея относительные отметки уровней воды в отдельных сооружениях схемы, определяют их абсолютные отметки по заданной отметке поверхности земли. Отметки дна сооружений определяются после их расчетов и конструирования.

Построение высотной схемы при наличии в составе очистных сооружений контактных осветлителей или префильтров следует начинать с них.

5 РЕАГЕНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Для повышения эффекта осветления и обесцвечивания природной воды применяют химическую обработку хлором, озоном, коагулянтами, известью и др. Интенсификация процессов очистки может быть достигнута применением флокулянтов (полиакриламида, кремниевой кислоты и др.) [4]. Наибольшее распространение в качестве коагулянтов на водопроводных станциях получили соли алюминия. Это объясняется их надежными поставками, доступностью и простотой изготовления. Оптимальную дозу коагулянта для достижения требуемого осветления и обесцвечивания устанавливают на основании данных технологического анализа. При отсутствии данных анализа, необходимая (предварительная) доза сернокислого алюминия в зависимости от мутности исходной воды может назначаться по Таблице № 3.

Таблица № 3 – Доза сернокислого алюминия в зависимости от содержания взвеси в исходной воде

Мутность воды, мг/дм ³	Доза безводного коагулянта для обработки мутных вод, мг/дм ³
До 100	25 – 35
100 – 200	30 – 40
200 – 400	35 – 45
400 – 600	45 – 50
600 – 800	50 – 60
800 – 1000	60 – 70

Расчётная доза коагулянта в зависимости от содержания примесей обуславливающих цветность воды определяется по формуле

$$D_k = 4\sqrt{C}, \quad (2)$$

где: D_k – доза коагулянта, мг/дм³;

C – цветность воды в градусах платиново-кобальтовой шкалы (ПКШ или ХКШ).

При одновременном наличии взвешенных веществ и цветности принимается наибольшая доза. Доза товарного продукта определяется из выражения

$$D = \frac{D_k}{p} \cdot 100, \text{ мг/дм}^3 \quad (3)$$

где p – содержание активного безводного продукта в техническом, %.

Коагулянт на водоочистные станции транспортируется в сухом виде в закрытых вагонах. В обрабатываемую воду реагенты вводят в виде растворов. Реагентное хозяйство служит для приготовления растворов требуемой концентрации. Состав сооружений по приготовлению и дозировке коагулянта зависит от принятого способа хранения – "сухое" или "мокрое".

При сухом хранении предусматриваются: склад, растворные и расходные баки. Расчет площади склада для хранения реагентов в сухом виде осуществляется по формуле

$$F_{скл} = \frac{Q_n \cdot D_k \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot p \cdot h_p \cdot \gamma}, \text{ м}^2 \quad (4)$$

где: Q_n – суточная производительность станции, м³/сут;

D_k – требуемая доза реагента, мг/дм³;

T – продолжительность хранения реагентов, 15–30 суток;

α – коэффициент, учитывающий дополнительные площади для проходов, принимается – 1,15–1,2;

γ – объемный вес реагента, т/м³;

p – активная часть реагента в поставляемом продукте, %;

h_p – высота складирования реагента (для коагулянта – 2, извести – 1,5), м.

Раствор коагулянта с концентрацией 10–20% по безводному продукту приготавливают в растворных баках, затем, после отстаивания насосом подается в расходные баки. Емкость растворных баков (W) в м³ для коагулянта определяется по формуле

$$W = \frac{q_c \cdot D_k \cdot n}{10000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где: q_c – расчетный часовой расход станции, м³/ч;

n – число часов, на которое заготавливается реагент, 6–12 ч;

b – концентрация раствора в растворных баках, 10–20%.

Количество растворных баков принимается не менее двух, но может быть и большим, исходя из вида коагулянта и продолжительности его растворения. Полный объем баков, кроме рабочей и строительной емкости, включает объем осадочной части, создаваемый уклоном дна баков.

Площадь баков определяется из назначенной высоты рабочей части (в пределах 1,0–2,0 м), к этой высоте прибавляется строительная – не менее 0,3 м.

Нижнюю часть растворных баков устраивают с наклонными стенками под углом 45–50° к горизонтали (пирамидальная часть). В пирамидальную часть просыпаются мелкие частицы не растворившегося коагулянта и примесей. Для опорожнения баков и сброса осадка в канализацию в нижней части предусматривается трубопровод диаметром не менее 150 мм. В плане растворные баки выполняются прямоугольными, баки имеют общие стенки. На расстоянии 0,5 м над дном перед пирамидальной частью устраивается колосниковая решетка из досок толщиной 20–25 мм, уложенных на ребро с прозорами 10–15 мм. Под решеткой располагаются дырчатые трубы для подачи воздуха. Трубы принимаются из полиэтилена или винилпласта. Скорость движения воздуха в трубах 10–15 м/с, скорость выхода воздуха из отверстий 20–30 м/с, диаметр отверстий 3–4 мм, отверстия направлены вниз. В вершине перевернутой пирамиды дырчатые трубы устраиваются в виде кольца вокруг сбросных труб, для перемешивания осадка, скапливающегося под колосниковой решеткой.

Вверху по периметру растворных баков предусматривается площадка для обслуживающего персонала.

Для обеспечения надежного дозирования коагулянта, раствор в расходных баках разбавляется водой до концентрации 5–10%. Необходимая емкость расходного бака (W_p) составляет

$$W_p = \frac{W \cdot b}{b_p}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

где b_p – концентрация рабочего раствора в расходном баке, 5–10%.

Количество расходных баков принимается не менее двух. Днища баков должны иметь уклон не менее 0,01 к сбросному трубопроводу - диаметром не менее 100 мм. Трубопровод, отводящий готовый раствор из бака, располагается выше дна бака на 100–200 мм. При применении неочищенного коагулянта забор раствора производится поплавковым отборником через гибкий шланг.

Реагентные баки оборудуются переливными трубами диаметром 100–150 мм.

В качестве материала для устройства баков применяют железобетон, нержавеющую сталь, полиэтилен и др. Железобетонные баки во избежание коррозионного действия растворов коагулянта выполняются с изоляцией.

Ввод коагулянта в обрабатываемую воду осуществляется дозаторами. Широкое распространение в настоящее время получили насосы-дозаторы типа НД, их преимущество – возможность подачи растворов реагентов в напорные участки водоводов, компактность и возможность автоматизации процесса дозирования. Выбор насоса-дозатора в зависимости от расхода реагента может быть проведен по Таблице № 4.

Таблица № 4 – Характеристики насосов НД

№ п/п	Тип	Производительность, дм ³ /ч	Мощность, кВт	Габариты (длина × ширина × высота), мм
1	НД-120/6	120	0,6	680×292×540
2	6НД-400/6	400	1,0	840×300×634
3	6НД-800/6	800	1,0	875×300×672
4	6НД-1200/6	1200	1,7	875×319×672
5	6НД-1600	1600	3,0	965×359×840

Напор создаваемый насосами – 60 м, средняя высота расположения оси насоса – 145 мм.

Реагентное хозяйство со складом мокрого хранения требует меньших эксплуатационных расходов, удовлетворяет требованиям техники безопасности и проще подвержено механизации производственного процесса.

Возможно применение двух схем приготовления и хранения коагулянта:

- 1) растворные баки, резервуары-хранилища, расходные баки;
- 2) растворо-хранилищные и расходные баки.

Коагулянт транспортируется в сухом виде в железнодорожных вагонах или автомобилях, и после доставки на водоочистную станцию выгружается в емкости для получения раствора, далее раствор перекачивается насосами. Резервуары-хранилища могут быть выполнены в подземном варианте.

Практически весь процесс ввода реагента в обрабатываемую воду механизирован.

В регионе первая схема не получила распространение, приводится расчет второй.

Суточный расход коагулянта определится по формуле

$$D_{сут} = \frac{Q_n \cdot D_k}{10000 \cdot p}, \text{ т.} \quad (7)$$

Количество коагулянта, необходимое на расчетный срок хранения, составит

$$D = T \cdot D_{сут}, \text{ т.} \quad (8)$$

Объем растворно-хранилищных баков для всего коагулянта в виде 18% раствора составит:

при очищенном коагулянте $W = 2.23 \cdot D \text{ м}^3$;

при неочищенном коагулянте $W = 2.52 \cdot D \text{ м}^3$.

Количество баков для мокрого хранения коагулянта, согласно п.6.205 [1], принимается не менее трех.

Из растворно-хранилищных баков коагулянт перекачивается насосом в расходный бак, производительность насоса для перекачки реагента составит

$$Q_n = \frac{(2,23 \div 2,52) \cdot D_{\text{сум}}}{2 \cdot t}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9)$$

где $t = 0,5\text{--}1,0$ ч – продолжительность работы насоса для перекачки 18% раствора в один расходный бак.

Объем расходного бака, рассчитанного на 12 часов его работы, составит

$$W_p = \frac{(2,23 \div 2,52) \cdot D_{\text{сум}} \cdot b}{2 \cdot b_p}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

где: b – концентрация раствора в растворно-хранилищном баке, 18%;

b_p – концентрация раствора коагулянта в расходном баке, 5–10%.

Производительность насоса-дозатора определяется по формуле

$$Q_{n-d} = \frac{W_p}{12}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (11)$$

Количество расходных баков и насосов-дозаторов должно быть не менее двух. Высота слоя раствора в расходном баке принимается 1–2 м плюс строительная высота (не менее 0,3 м). При компоновке растворно-хранилищных баков в здании следует предусматривать отдельный подъезд к каждому. Высоту бортов баков над нулевой отметкой (или отметкой пола) не следует принимать более 0,5 м. Высоту резервуара-хранилища необходимо увязать с глубиной канализационной сети на площадке водоочистки - с целью создания самотечного режима отвода стоков, при полном опорожнении растворно-хранилищных баков.

6 ПОДГОТОВКА ДРУГИХ РЕАГЕНТОВ

В случае отсутствия в обрабатываемой воде щелочного резерва для интенсификации процесса коагулирования производится подщелачивание воды. Потребность в подщелачивании воды при коагулировании устанавливают с помощью формулы (считая на CaO)

$$D_u = 28 \cdot (0,0178 \cdot D_k - Щ + 1), \text{ мг/дм}^3 \quad (12)$$

где: D_k – принятая доза коагулянта, мг/дм³;

28 – эквивалентный вес извести;

0,0178 – требуемое, по стехиометрическому расчету, количество (в мг-экв) щелочи на 1 мг вводимого сернокислого алюминия;

$Щ$ – минимальная щелочность исходной воды, мг-экв/дм³;

1 – избыток щелочи для обеспечения полноты реакции.

Если значение D_u получится отрицательным, то подщелачивание воды производить не нужно. Для подщелачивания может быть применена сода. В связи с низкой растворимостью в воде (0,123%), известь готовится в виде суспензии – известкового молока 5% концентрации. Известь поступает в сухом виде. Для получения известкового молока или раствора она должна быть погашена. Гашение извести производят в известегасилках. В состав сооружений для приготовления известкового молока входят: бункер для приема извести (склад), известегасильное устройство, классификатор, баки известкового молока с перемешивающимися устройствами и средства транспортирования сухой извести и известкового молока.

На водоочистных станциях целесообразно применять термомеханические безотходные известегасилки, основным преимуществом которых является – тонкий размол недожогов и пережогов, что исключает удаление вручную не погасившейся извести [4].

Из известегасилок молоко направляется в баки с мешалками или воздухораспределительными устройствами, в которых частицы извести поддерживаются во взвешенном состоянии благодаря непрерывной работе мешалок или подаче воздуха. Целесообразно применение унифицированных гидравлических мешалок типа М, приведенных в Таблице № 5.

Таблица № 5 - Технические характеристики мешалок типа М для подготовки извести

Марка	Объем бака (по формуле 5), м ³	Размеры, мм		Вес, кг
		диаметр	высота	
М-1	1	1200	1710	236
М-2	2	1600	1926	335
М-4	4	1690	2900	511
М-8	5	2100	3800	1395

Диаметры трубопроводов для транспортирования известкового молока принимаются не менее 25 мм, при этом скорость в трубопроводах должна быть не менее 0,8 м/с. Соединения должны иметь плавные повороты с радиусами кривизны не менее 5d. Напорные трубопроводы укладываются с уклоном к насосу не менее 0,02, а самотечные с уклоном к выпуску не менее 0,03.

На водоочистных станциях с расходом извести до 50 кг/сут допускается применение сатураторов двойного насыщения. Преимущество сатуратора состоит в том, что при его применении отсутствует осаждение частиц извести в коммуникациях и дозаторах при малых скоростях движения известкового молока. Известь из сатуратора в дозирующие устройства поступает в виде раствора.

Для интенсификации процесса коагуляции на станциях водоочистки применяются флокулянты – полиакриламид (ПАА) или активированная кремнекислота (АК). Если для ускорения процесса хлопьеобразования при коагулировании используют полиакриламид, то его вводят в воду в виде 0,05–0,1% - ного раствора. Полиакриламид выпускается промышленностью в виде водного геля с содержанием 8–10% активного вещества.

Установка для растворения ПАА типа УРП-2 М, разработанная в АКХ, приведена в "Справочнике проектировщика" /с. 230-231/ [5].

Дозы флокулянта при вводе перед отстойниками или осветлителями со взвешенным осадком принимаются согласно Таблице № 6.

Таблица № 6 – Дозы полиакриламида ПАА в зависимости от мутности и цветности очищаемой воды

Мутность воды, мг/дм ³	Цветность воды, град	Доза безводного ПАА, мг/дм ³
До 10	Св. 50	1,0–1,5
10–100	30–100	0,3–0,6
100–500	20–60	0,2–0,5
500–1500	—	0,2–1,0

При вводе флокулянта перед фильтрами при двухступенчатой очистке доза — 0,05—0,1 мг/дм³; при вводе перед контактными осветлителями или фильтрами при одноступенчатой очистке, а также перед префильтрами — 0,2—0,6 мг/дм³.

При цветности природной воды более 80 градусов, наличии органических веществ природного происхождения или антропогенных загрязнений необходима обработка воды окислителями перед подачей ее на основной комплекс сооружений. В качестве окислителей могут приниматься: озон, хлор, перекись водорода и др. реагенты. Озонирование и прехлорирование является одним из методов очистки воды от коллоидных примесей, а также подсобным способом улучшения процессов коагуляции, отстаивания и фильтрования. Для предварительной обработки воды доза озона или хлора принимается 5–10 мг/дм³. При вводе озона в технологической схеме предусматривается наличие камеры смешения с продолжительностью пребывания воды в ней 5–10 мин.

Реагенты подают в воду таким образом, чтобы очистка воды заканчивалась в проектируемом комплексе оборудования. Обычно их вводят в начале очистных сооружений и быстро перемешивают со всей массой воды. Коагулянт вводится до поступления воды на смеситель или же в смеситель. Флокулянты вводят не менее чем через 2–3 мин после добавления коагулянта, в конце смесителя (редко), в камеры хлопьеобразования или в конце них. Известковое молоко вводят туда же, куда и коагулянт, до или после его добавления – в зависимости от принятой, на основании исследований, технологии очистки воды. При предварительном хлорировании хлор можно вводить в ковш, в водоприемный колодец, во всасывающую или напорную линию насосной станции первого подъема, в смеситель.

7 СМЕСИТЕЛИ

Смесители предназначены для полного и быстрого распределения реагентов в обрабатываемой воде. В этом случае химические реакции, обеспечивающие нормальное течение процесса очистки воды, протекают во всем объеме поступающей воды. Продолжительность пребывания воды в смесителе не должна превышать 2 мин, во избежание образования хлопьев.

Смесители могут быть дырчатые, перегородчатые, коридорные и вихревые – в зависимости от производительности станции. Резервные смесители не предусматриваются, необходимо лишь устройство обводных линий для пропуска воды в обход смесителя при его отключении. Смесители оборудуют переливами и трубопроводами для выпуска воды и осадка в канализацию. Высота смесителя и уровень кромки перелива принимается, с учетом дополнительной высоты в сооружениях для накопления воды при выключении фильтра на промывку.

Перегородчатый смеситель устанавливается на водоочистных станциях производительностью до 15 тыс м³/сут. Он представляет собой лоток, в поперечном сечении которого установлены 3 перегородки. В первой и третьей перегородках проходы для воды располагаются в центре, в средней – два боковых прохода у стенок лотка. Благодаря перегородкам направление движения воды попеременно меняется, а в суженных сечениях создаются повышенные скорости движения воды. Образующиеся завихрения способствуют смешиванию воды с реагентами. Скорость движения воды в лотке принимается 0,6 м/с, в сужениях – 1,0 м/с, потери напора в каждом сужении составляют 0,13 м, а во всем смесителе – 0,39 метра. Для предотвращения засасывания воздуха в воду, верхние кромки проходов затопливают на 0,10–0,15 м.

Сечение лотка смесителя (f_n) определяется по формуле

$$f_{\text{л}} = \frac{q}{V_{\text{л}}}, \text{ м}^2 \quad (13)$$

где: q – секундный расход обрабатываемой воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

$V_{\text{л}}$ – допустимая скорость движения воды в лотке, $\text{м}/\text{с}$.

$$\text{Ширина лотка составит} \quad b_{\text{л}} = \frac{f_{\text{л}}}{H}, \text{ м} \quad (14)$$

где $H = 0,4\text{--}0,5$ м – глубина воды в лотке смесителя за третьей перегородкой.

Площадь отверстия в центральной перегородке равна:

$$f_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{V_c}, \text{ м}^2 \quad (15)$$

где V_c – скорость в сужении, $\text{м}/\text{с}$.

Площадь отверстия в первой и третьей перегородках составит:

$$f_{1,3} = \frac{q}{V_c}, \text{ м}^2 \quad (16)$$

При высоте слоя воды (H) в конце лотка, слой воды перед третьей перегородкой составит – $H + 0,13$, перед второй – $H + 0,26$, перед первой – $H + 0,39$ м. Высота отверстия для прохода воды в третьей перегородке (суженой части) составит:

$$h_3 = H - h_{\text{зам}}, \text{ м} \quad (17)$$

$$\text{во второй} \quad h_2 = H + 0,13 - h_{\text{зам}}, \text{ м} \quad (18)$$

$$\text{в первой} \quad h_1 = H + 0,26 - h_{\text{зам}}, \text{ м.} \quad (19)$$

Ширина проходов (b_n) определяется по формуле

$$b_n = \frac{f_{1,2,3}}{h_{1,2,3}}, \text{ м.} \quad (20)$$

Выше высоты слоя воды первой перегородки ставится перегородка переливного кармана, с учетом дополнительной высоты подъема воды ($H_{\text{дон}}$) при отключении фильтров на промывку

$$H_{\text{перел.}} = h_1 + H_{\text{дон}}, \text{ м.} \quad (21)$$

Переливной карман оборудуется отводом воды в канализацию, с диаметром равным диаметру трубы подающей исходную воду, но не менее 150 мм. Подвод воды в первое отделение может быть осуществлен снизу или сбоку. Расстояния (L) между перегородками принимаются

$$L = 2 \cdot b_{\text{л}}, \text{ м.} \quad (22)$$

Дырчатые смесители широко применяются для станций с производительностью до 20–24 тыс $\text{м}^3/\text{сут}$. Они представляют собой лоток с тремя

вертикальными перегородками, установленными перпендикулярно движению воды и снабженных отверстиями, расположенными в несколько рядов. Смесители выполняются из железобетона (с толщиной стенок 120–150 мм) или сварными – из металла (с толщиной стенок – 3–5 мм).

Ширина лотка смесителя определяется по формуле (13), при высоте слоя воды $H = 0,4–0,5$ м и минимальной скорости движения воды $V_n = 0,6$ м/с. Скорость воды в отверстиях перегородок (V) принимается 1,0 м/с, диаметр отверстий (d) назначается в пределах 20–100 мм. Верхний ряд отверстий должен быть затоплен на глубину $h_z = 0,10–0,15$ м. Число отверстий (n) в каждой перегородке, при заданном диаметре отверстий, определяется по формуле

$$n = \frac{4q}{\pi \cdot V \cdot d^2}, \text{ м.} \quad (23)$$

Потери напора ($\sum h_0$) в отверстиях всех перегородок составляют

$$\sum h_0 = \frac{m \cdot V^2}{2g \cdot \mu^2}, \text{ м} \quad (24)$$

где: $m = 3$ – число дырчатых перегородок;

μ – коэффициент расхода, принимаемый в зависимости от отношения диаметра отверстия (d) к толщине перегородки (δ), при $d/\delta = 2$ – $\mu = 0,65$; при $d/\delta = 1$ – $\mu = 0,75$.

Перепад уровня воды (h) после каждой перегородки составит

$$h = \sum h_0 / m, \text{ м.} \quad (25)$$

Площадь отверстий (f_0), приходящихся на каждую перегородку, составит

$$f_0 = n \cdot 0,785 d^2, \text{ м}^2. \quad (26)$$

Площадь перегородки, на которой будут размещаться отверстия, с учетом затопления верхнего ряда ($h_{зам}$), составит:

$$\text{для третьей} \quad f_3 = (H - h_{зам}) \cdot b_n, \text{ м}^2 \quad (27)$$

$$\text{второй} \quad f_2 = (H + h - h_{зам}) \cdot b_n, \text{ м}^2 \quad (28)$$

$$\text{первой} \quad f_1 = (H + 2h - h_{зам}) \cdot b_n, \text{ м}^2. \quad (29)$$

Количество рядов отверстий по вертикали (κ_6) принимается 5–10. При высоте слоя воды, допускающей разметку отверстий (с условием их затопления), расстояние между рядами по вертикали (c_6) составит

для третьей перегородки
$$c_{3\epsilon} = \frac{H - h_{зам}}{\kappa_{\epsilon}}, \text{ м} \quad (30)$$

второй
$$c_{2\epsilon} = \frac{H + h - h_{зам}}{\kappa_{\epsilon}}, \text{ м} \quad (31)$$

первой
$$c_{1\epsilon} = \frac{H + 2h - h_{зам}}{\kappa_{\epsilon}}, \text{ м.} \quad (32)$$

Количество рядов отверстий по горизонтали (κ_2) составит
$$\kappa_2 = n / \kappa_{\epsilon}, \quad (33)$$

а расстояния между отверстиями (c_2)
$$c_2 = b_n / \kappa_2, \text{ м.} \quad (34)$$

На станциях с обработкой воды известковым молоком перегородчатые и дырчатые смесители применять не рекомендуется, так как скорости в них не обеспечивают поддержание во взвешенном состоянии частиц извести, которые могут осаждаться перед перегородками.

Вертикальные (вихревые) смесители применяются на станциях любой производительности при условии, что нагрузка на один смеситель не будет превышать 24 – 36 тыс м³/сут. При больших производительностях устанавливается несколько смесителей.

Вихревой смеситель в плане может быть круглым или прямоугольным, если смесителей несколько, то в компоновочном отношении лучше принимать прямоугольную форму. Нижняя часть смесителя представляет собой конический или пирамидальный резервуар с центральным углом между наклонными стенками 30–45°. Перемешивание воды в вихревом смесителе происходит за счет изменения скорости восходящего потока - при переходе от узкой нижней части к верхней. Скорость движения воды в подводящем трубопроводе к смесителю назначается в пределах 1,2–1,5 м/с. Размеры смесителя в плане определяют по скорости восходящего потока (V_{ϵ}) на уровне водосборного устройства равной 0,025– 0,026 м/с (90–95 м/ч). При принятой скорости (V_{ϵ}) площадь сечения в верхней части составит

$$f_{\epsilon} = q_{\epsilon} / V_{\epsilon}, \text{ м}^2 \quad (35)$$

где q_{ϵ} – производительность станции, м³/ч.

Высота пирамидальной (нижней) (h_n) части смесителя определится по формуле

$$h_n = \frac{1}{2}(b_{\epsilon} - b_n) \cdot \text{ctg} \frac{(30^{\circ} \div 45^{\circ})}{2}, \text{ м} \quad (36)$$

где: b_{ϵ} (d_{ϵ}) – сторона или диаметр верхней части, м;

$b_n (d_n)$ – сторона или диаметр нижней части, принимаются по диаметру подводящего трубопровода, м.

Объем пирамидальной части смесителя (W_n) составит

$$W_n = \frac{1}{3} h_n \cdot (f_\varepsilon + f_n + \sqrt{f_\varepsilon \cdot f_n}) \quad , \text{ м}^3 \quad (37)$$

где f_n – площадь нижней части усеченной пирамиды или конуса, м^2 .

Полный объем смесителя (W) определяется по необходимой продолжительности пребывания воды (t), которая принимается 1,5–2,0 мин (при реагентном умягчении – 3 мин)

$$W = q_v \cdot t / 60, \text{ м}^3. \quad (38)$$

Объем верхней части смесителя равен $W_\varepsilon = W - W_n, \text{ м}^3. \quad (39)$

Высота верхней части $h_\varepsilon = W_\varepsilon / f_\varepsilon, \text{ м}. \quad (40)$

Необходимая высота смесителя равна $h = h_\varepsilon + h_n, \text{ м}. \quad (41)$

Полная высота смесителя, с учетом h_{cmp} (не менее 0,3–0,5 м) и $H_{дон}$, составит

$$H = h + h_{cmp} + H_{дон}, \text{ м} \quad (42).$$

Сбор воды в верхней части смесителя производится периферийными лотками, скорость движения воды в сборных лотках принимается 0,6–0,7 м/с. Ширину лотков принимают равной 2/3 высоты. Уклон дна лотка в сторону бокового сборного кармана принимается 0,015–0,025. От лотков вода поступает в общий сборный карман, если смеситель не один, то карман общий для них. Из сборного кармана вода поступает в отводную трубу, скорость движения воды в отводящем трубопроводе должна быть 0,8–1,0 м/с. В кармане устанавливается переливная труба.

Вихревые смесители выполняются железобетонными или металлическими.

8 КАМЕРЫ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ

После смешивания исходной воды с реагентами начинается образование хлопьев. Камеры хлопьеобразования (далее КХ) предназначены для протекания физико-химических процессов, при которых создаются оптимальные условия для агломерации мелких хлопьев в крупные. КХ устанавливаются, если в технологической схеме очистных сооружений предусмотрены отстойники.

Применяемая в вертикальном отстойнике, **водоворотная камера хлопьеобразования** представляет собой металлический или железобетонный цилиндр. Вода от смесителя подается в камеру через сопла-насадки в виде неподвижного "сегнерова колеса". Сопла располагаются на расстоя-

нии $0,2d_{\text{кх}}$ от стенки ($d_{\text{кх}}$ – внутренний диаметр КХ). Гашение вращательного движения воды перед выходом ее в отстойник осуществляется гасителем – крестообразно поставленными перегородками высотой 0,8 м с размером ячеек – 0,5 х 0,5 м.

Продолжительность пребывания воды в водоворотной камере ($t_{\text{кх}}$) принимается 15–20 мин. Высота камеры ($H_{\text{кх}}$) назначается равной 0,9 высоты зоны осаждения вертикального отстойника (3,5–4,5 м). Площадь КХ ($f_{\text{кх}}$) определяется по формуле

$$f_{\text{кх}} = \frac{q \cdot t_{\text{кх}}}{60 \cdot H_{\text{кх}} \cdot N}, \text{ м}^2 \quad (43)$$

где N – расчетное число отстойников на водоочистой станции.

Диаметр сопла (d_c) рассчитывается по выражению

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{q_c}{\mu \cdot V_c}}, \text{ м} \quad (44)$$

где: q_c – расход воды на сопло, $\text{м}^3/\text{с}$;

V_c – скорость выхода воды из сопла, 2–3 м/с;

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

Длина сопла составит: $l = d_c / 2 \cdot \text{ctg } \beta / 2$, м. (45)

Напор перед выпуском воды, необходимый для создания соответствующей скорости из сопла, должен быть

$$h = 0.06 V_c^2 = \xi \cdot V_c^2 / 2g, \text{ м}. \quad (46)$$

Перегородчатые камеры хлопьеобразования используют в комплексе с горизонтальными отстойниками. Они представляют собой прямоугольные резервуары, разделенные перегородками таким образом, что образуют проходы для воды в горизонтальном или вертикальном направлении. Продолжительность пребывания воды в перегородчатых КХ принимают – 20 мин для мутных вод и до 30 мин – для вод с высокой цветностью. Высота КХ, исходя из высотной схемы сооружений, назначается 2–3 м, скорость движения воды ($V_{\text{кх}}$) принимается в пределах 0,2–0,3 м/с. По расчетной часовой производительности определяют объем камеры (W) по формуле

$$W = q_c \cdot t / 60, \text{ м}^3. \quad (47)$$

Площадь камеры в плане составит $F = W / H_{\text{кх}}, \text{ м}^2$. (48)

Ширина коридора камеры равна $b = q_c / 3600 \cdot V_{\text{кх}} \cdot H_{\text{кх}}, \text{ м}$. (49)

при этом ширина коридора принимается не менее 0,7 м. Так как КХ по условиям компоновки примыкает к торцевым стенкам отстойников, то

длина камеры (L) принимается равной суммарной ширине горизонтальных отстойников.

Необходимое число коридоров камеры (m) составит

$$m = \frac{L}{b + \delta}, \text{ м} \quad (50)$$

где δ - толщина стенок перегородок между коридорами, 0,15–0,20 м.

Потери напора в камере определяют по формуле

$$h = 0.15 \cdot V^2 \cdot n, \text{ м} \quad (51)$$

где n – число поворотов потока воды в КХ, не менее 8–10.

Для удаления выпавшего в КХ осадка дно камер устраивают с уклоном ($i = 0,02$ – $0,03$) и в конце сходящихся коридоров устанавливают шибер для сброса осадка.

Вихревая КХ представляет собой усеченный конусный или пирамидальный резервуар, обращенный суженой частью вниз, с цилиндрической или призматической надставкой над ним. Обрабатываемая вода подводится ко дну камеры, поднимается вверх и отводится по желобам.

Расчетные данные КХ вихревого типа следующие:

- угол конусности днища – $\alpha = 50$ – 70° ;
- скорость входа воды в камеру – $0,7$ м/с;
- скорость восходящего потока на выходе воды из камеры 4 – 5 мм/с;
- продолжительность пребывания воды – 6 – 10 мин;
- скорость движения воды в отверстиях сборных желобов и в самом желобе не более $0,3$ м/с.

Распределение воды в нижней части камеры осуществляется дырчатой трубой, общая площадь отверстий которой составит

$$f_{омв} = q_c / V_{омв}, \text{ м}^2. \quad (52)$$

Площадь отверстий рассчитывается по скорости выхода воды ($V_{омв} = 0,8$ – $1,2$ м/с), затем после назначения диаметра отверстия (20 – 30 мм), определяют их общее количество и необходимый шаг по длине трубы. Отверстия располагают по обе стороны от вертикальной оси трубы.

Площадь КХ в плане равна

$$F_k = q_c / V_{кх}, \text{ м}^2. \quad (53)$$

Одна сторона камеры принимается равной суммарной ширине горизонтальных отстойников с учетом толщины перегородок между отстойниками ($0,15$ – $0,20$ м), длина другой (меньшей) стороны определится делением площади (F_k) на полученную длину. Высота конической части составит

$$h_k = \frac{b_m - b_m^H}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2}, \text{ м} \quad (54)$$

где: b_m – меньшая длина камеры в верхней части, м;

b_m^H – меньшая длина камеры в нижней части (равна диаметру подводящего трубопровода исходной воды плюс 0,2–0,3 м).

Расчет конструктивных параметров вихревой КХ осуществляется по методике, приведенной в расчете вихревого смесителя.

Сбор и отвод воды из КХ осуществляется желобами, располагаемыми перпендикулярно длинной стороне камеры, присоединенными к общему сборному лотку. Расстояния между осями желобов принимается 2–3 м, диаметр затопленных отверстий 25–40 мм.

Встроенные КХ. Ввиду конструктивной простоты и благоприятных условий отвода воды с образовавшимися хлопьями коагулянта, во многих проектных решениях приводятся встроенные в горизонтальные отстойники КХ со слоем взвешенного осадка. Камеры представляют собой железобетонный резервуар, с уложенными по дну дырчатыми трубами – для распределения исходной воды по площади, при движении воды снизу вверх. Отверстия диаметром не менее 25 мм направлены вниз под углом 45° , площадь их составляет 30–40% площади сечения распределительной трубы. Отверстия располагают в шахматном порядке. Распределительные трубы укладываются на дне камеры с расстояниями между ними не более 2,0 м, скорость движения воды в начале труб принимается 0,5–0,6 м/с. Высота КХ принимается равной конструктивной высоте отстойника (с учетом высоты зоны накопления осадка).

Площадь КХ ($F_{кх}$) в плане определится по формуле

$$F_{кх} = \frac{q_c}{3,6 \cdot V_{кх}}, \text{ м}^2 \quad (55)$$

где $V_{кх}$ – вертикальная (восходящая) скорость в горизонтальной плоскости, принимается равной 0,65–2,2 мм/с.

При ширине камеры равной ширине отстойника ($B_{омс}$) длина ее (L_k) составит

$$L_k = F_{кх} / B_{омс}, \text{ м.} \quad (56)$$

Объем КХ ($W_{кх}$) определяется по размерам полученным расчетом и полной принятой высотой горизонтального отстойника, а затем проверяется на наличие необходимой продолжительности пребывания воды (t_{np}) в ней по формуле

$$t_{np} = 60W_{кх} / q_c, \text{ мин.} \quad (57)$$

Продолжительность пребывания воды в КХ не должна быть менее 20 мин.

Из КХ в отстойник вода переливается со скоростью 0,05–0,1 м/с через водослив и отклоняется подвесной перегородкой к низу, распределяясь равномерно по ширине отстойника. Скорость движения воды между направляющей стенкой и перегородкой должна быть не более 0,03 м/с.

Расчеты КХ осуществляются после проектирования отстойников.

9 ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

При высоком содержании взвешенных веществ в природной воде основная масса их задерживается в отстойниках. Вертикальные отстойники рекомендуется применять для станций с производительностью до 5 тыс м³/сут или при условиях, которые имеют место к ограничению назначения в схеме очистки воды осветлителей со слоем взвешенного осадка – при производительностях до 30 тыс м³/сут (это – не постоянство расхода или температуры в течение 1 часа). Вертикальный отстойник представляет собой круглый или квадратный в плане резервуар с камерой хлопьеобразования водоворотного типа, располагаемой в центральной части, и конусным или пирамидальным днищем – для накопления и уплотнения осадка. Угол конусности осадочной части 70–80°.

Расчетная скорость восходящего потока в отстойнике в зависимости от содержания взвешенных веществ в исходной воде принимается согласно таблице 11 [3].

Площадь зоны осаждения отстойника (F) определяется по формуле

$$F = \beta \cdot \frac{q_u}{3.6 \cdot V_p \cdot N}, \text{ м}^2 \quad (58)$$

где: V_p – расчетная скорость восходящего потока, мм/с;

N – принятое число отстойников;

$\beta = 1,3\text{--}1,5$ – коэффициент объемного использования отстойника.

Высота зоны осаждения принимается 4–5 м. Отношение диаметра отстойника к высоте зоны осаждения должно быть в пределах 1,0–1,5.

Сбор осветленной воды осуществляется периферийными и радиальными желобами с отверстиями или с треугольными вырезами.

Площадь сечения желобов для сбора осветленной воды подсчитывается по скорости движения в них 0,5–0,6 м/с. При площади отстойника более 12 м² для сбора отстоянной воды в дополнение к периферийным желобам устраивают радиальные: при площади до 30 м² – 4, при большей 6–8.

Диаметр трубопровода для сброса осадка принимают 150–200 мм. Сброс осадка из отстойника предусматривается без его выключения.

Период работы (T) между сбросами осадка определяется по формуле

$$T = \frac{W_{oc} \cdot N \cdot \delta_{cp}}{q_u \cdot (C_0 - m)} \geq 6, \text{ ч} \quad (59)$$

где: W_{oc} – объем осадочной части, принимается конструктивно (по объему призматической или конусной части);

δ_{cp} – концентрация уплотненного осадка, принимается в зависимости от содержания взвеси и продолжительности накопления осадка по таблице 12 [3];

C_0 – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в отстойник (с учетом введенных реагентов), мг/дм³

$$C_0 = M + \kappa \cdot D_{\kappa} + 0,25 C + B \quad (60)$$

M – наибольшая мутность исходной воды, мг/дм³;

$m = 8-15$ мг/дм³ – допустимое содержание взвеси в воде подаваемой на фильтры;

κ – коэффициент, учитывающий количество веществ, вносимых коагулянтном для очищенного сернокислого алюминия $\kappa = 0,55$, неочищенного – $\kappa = 1,0$;

D_{κ} – принятая доза коагулянта по безводному продукту, мг/дм³;

C – цветность исходной воды, град;

B – содержание нерастворимых примесей, вносимых с известью,

$$B = 10-15 \text{ мг/дм}^3.$$

Расход воды, сбрасываемой из отстойника вместе с осадком, в процентах от расчетного (P_{oc}), поступающего на станцию, определяют по формуле

$$P_{oc} = \frac{k_p \cdot W_{oc} \cdot N}{q_c \cdot T} \cdot 100, \% \quad (61)$$

где $k_p = 1,2-1,5$ – коэффициент разбавления осадка.

Вертикальные отстойники выполняются железобетонными или металлическими, размещаемые, как правило, в здании.

10 ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Область применения горизонтальных отстойников распространяется для станций производительностью более 30 тыс м³/сут и при содержании взвешенных веществ более 300 мг/дм³. Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные железобетонные бассейны, оборудованные устройствами: водораспределительными, водосборными, для удаления осадка, трубопроводами подвода исходной и отвода осветляемой воды.

Суммарная площадь горизонтальных отстойников (F_{zo}) в плане определяется по выражению

$$F_{zo} = \alpha \cdot \frac{q_c}{3,6u_0}, \text{ м}^2 \quad (62)$$

где: u_0 – расчетная скорость выпадения взвеси, задерживаемой в отстойнике, принимается по таблице 11 [3], мм/с;

$\alpha = 1,3$ – коэффициент объемного использования отстойника.

Длину отстойника (L) вычисляют по формуле

$$L = H_{cp} \cdot \frac{V_{cp}}{u_0}, \text{ м} \quad (63)$$

где: H_{cp} – средняя высота зоны осаждения, принимается равной 3,0–3,5 м;

V_{cp} – расчетная скорость горизонтального движения воды в начале отстойника зависит от мутности исходной воды, принимается по п.9.53 [3].

Расчетная скорость горизонтального движения воды в начале отстойника, принимаемая равной 6–8, 7 – 10 и 9–12 мм/с соответственно для вод маломутных, средней мутности и мутных.

Общая ширина отстойников (B) составит

$$B = F_{zo} / L, \text{ м.} \quad (64)$$

Общую ширину отстойников делят на принятое число отстойников, полученная ширина одного отстойника должна быть 6 м (по модулю).

Полная высота отстойника составляет сумму высот: зоны осаждения, зоны накопления осадка, призматической части, строительной – 0,3–0,5 м и дополнительной ($H_{дон}$) – обусловленной накоплением воды при промывке одного фильтра.

Распределение воды по живому сечению каждого отстойника осуществляется дырчатыми перегородками или водосливами. Перегородки устраивают на расстоянии 1,5–2,0 м от торцевых стенок. Отверстия, через которые обрабатываемая вода поступает в рабочую зону отстойника, располагают на 0,3–0,5 м выше зоны накопления и уплотнения осадка. Скорость движения воды в отверстиях принимается не более 0,3 м/с.

Осветленная вода из отстойников может отводиться через дырчатые перегородки и далее лотком или системой горизонтально расположенных труб - желобов с затопленными отверстиями (треугольными водосливами), расположенными на 2/3 длины отстойника, считая от задней торцевой стенки. При оснащении тонкослойными блоками желоба устраивают на всю длину отстойника

Скорость движения воды в конце желобов следует принимать 0,6–0,8 м/с, в отверстиях – 1,0 м/с. Отверстия в желобах располагают строго на одном уровне на 5–8 см выше дна желоба, диаметр отверстий не менее 25 мм.

Расстояния между осями желобов не более 3 м. Осветленная вода от каждого отстойника отводится через задвижку в общий трубопровод подачи ее на фильтры.

Рекомендуется проектировать гидравлическое удаление осадка - через дырчатые трубы, располагаемые на дне осадочной части. Дно отстойника следует принимать призматическим – с поперечным углом наклона граней 45° . Продольный уклон дна должен быть не менее 0,005.

Осадок, удаляемый из отстойников, собирается в зоне накопления и уплотнения, объем которой определяется по формуле

$$W = \frac{24 \cdot q_n \cdot (C_0 - m) \cdot T}{N \cdot \delta_{cp}}, \text{ м}^3 \quad (65)$$

где T – период работы отстойника между сбросами осадка (не менее – 12 ч), сут.

Высота зоны накопления и уплотнения осадка определяется по формуле

$$h_{zn} = \frac{W_{oc}}{L \cdot B_1}, \quad (66)$$

где B_1 – ширина одного отстойника, м.

Расстояния между осадкоотводными трубами должно быть не более 3 м. Расчетный расход одной трубы составляет

$$q = \frac{k_p \cdot W_{oc}}{3.6 \cdot t_{np}}, \text{ дм}^3/\text{с} \quad (67)$$

где $t_{np} = 0,3–1,0$ ч – продолжительность сброса осадка.

Отводная система осадка рассчитывается на 50–60 % удаление накопленного объема. Скорость движения осадка в отверстиях – 1,5–2,0 м/с, диаметр отверстий не менее – 25 мм, шаг отверстий – 300–500 мм, отношение суммарной площади отверстий к площади сечения трубы или канала (коэффициент перфорации) принимается – 0,5–0,7. Отверстия располагают в шахматном порядке направленными вниз под углом 45° к вертикальной оси трубы. По допускаемой скорости движения воды и расчетному расходу по таблицам Шевелевых определяется диаметр сбросной трубы.

В местах входа воды в отстойник (иногда и выхода) над отстойниками устраивают наземные павильоны шириной не менее 6 м, для размещения запорной арматуры и входа в камеры хлопьеобразования. В перекрытиях отстойников устраивают герметически закрывающиеся люки для спуска, вентиляционные стояки (в начале и конце) и трубы с люками – для отбора проб (через 5–10 м). Отстойники с боков и сверху обсыпаны на высоту 0,6÷0,8 м землей и одерновываются.

11 ОСВЕТИТЕЛИ СО СЛОЕМ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДКА

Для осветления и обесцвечивания природных вод, а также при ее реагентном умягчении, в настоящее время широко применяются осветлители со слоем взвешенного осадка. Конструкции осветлителей и их эксплуатация сложнее, чем отстойников, но они имеют более высокий эффект осветления и высокую производительность по сравнению с вертикальными отстойниками. Осветлители рекомендуются к применению на станциях обработки воды с производительностью более 5 тыс. м³/сут, с содержанием взвешенных веществ до 1500 мг/дм³ и цветностью до 120 градусов.

Осветлители представляют собой металлические или железобетонные резервуары, круглые или прямоугольные в плане, с плоским или пирамидальным днищем. Исходная вода после смешения с реагентами подводится в осветлитель снизу и тем или иным способом равномерно распределяется по его площади. Вода, двигаясь снизу вверх через выделившийся из воды осадок, поддерживаемый во взвешенном состоянии, освобождается от примесей. Метод осветления применим только при условии коагулирования воды, то есть при нарушении агрегативной устойчивости примесей.

В отечественной практике наибольшее распространение имеют осветлители коридорного типа и с поддонным осадкоуплотнителем. Площадь осветлителя коридорного типа (Водоканалпроекта) с вертикальным осадкоуплотнителем ($F_{осв}$) определяется по формуле

$$F_{осв} = F_{з.о} + F_{о.у} = \frac{k_{р.в} \cdot q_ч}{3.6V_0} + \frac{(1-k) \cdot q_ч}{3.6V_0 \cdot \alpha}, \text{ м}^2 \quad (68)$$

где: $F_{з.о}$ – площадь зоны осветления, м²;

$F_{о.у}$ – площадь осадкоуплотнителя, м²;

V_0 – скорость восходящего потока над слоем взвешенного осадка в зоне осветления, мм /с (по таблице 12 [3]);

$k_{р.в}$ – коэффициент распределения воды между зоной осветления и осадкоуплотнителем, по табл. 12 [3];

$\alpha = 0,9$ – коэффициент снижения скорости восходящего потока в осадкоуплотнителе.

Значения скорости V_0 следует принимать для периода наименьшего содержания взвешенных веществ в поступающей воде, расчетные значения $k_{р.в}$ по возможной наибольшей мутности, когда количество отбираемого осадка будет максимальным.

Количество осветлителей на очистной станции принимается не менее четырех, и обычно их количество блокируется с количеством фильтров.

При назначении размеров осветлителей в плане исходят из того, что расстояние между желобами осветленной воды должно быть не более 3 м. По найденной площади одного осветлителя и назначенной ширине зоны

осветления, определяется длина зоны освещения. Ширина осадкоуплотнителя определяется делением его площади на длину зоны освещения.

Общая высота осветлителя складывается из:

- высоты слоя взвешенного осадка, принимаемой 2,0–2,5 м;
- высоты зоны освещения, 2,0–2,5 м;
- высоты над дном осветлителя, где происходит начало формирования слоя взвешенного осадка, вследствие растекания потока в пирамидальной части, 0,8–1,0 м;
- дополнительной высоты, обусловленной накоплением воды при промывке одного фильтра;
- строительной высоты, 0,3–0,5 м.

Угол между наклонными стенками в нижней части зоны взвешенного осадка принимают 60–70°.

Подача воды в рабочее отделение осветлителя осуществляется по дырчатым трубам, укладываемым на дне. Для поддержания равномерности распределения воды по длине осветлителя трубы устраиваются телескопическими – с уменьшением диаметра к концу осветлителя. Скорость движения в распределительных трубах (исходной воды) принимается 0,5–0,6 м/с, диаметр отверстий 20–25 мм. Отверстия направлены вниз под углом 45° к вертикальной оси по обе стороны трубы и располагаются в шахматном порядке. Общая площадь отверстий находится по скорости выхода воды из них в пределах 1,5–2,0 м/с.

Сбор воды в зоне освещения осуществляется при помощи желобов: водосливных, дырчатых или с треугольными вырезами. Ширина желоба прямоугольного сечения определяется по выражению

$$b_{жс} = 0.9 \cdot q_{жс}^{0.4}, \text{ м} \quad (69)$$

где $q_{жс}$ – расчетный расход воды для одного желоба, м³/с.

Высота желоба в начале по ходу движения воды составит $h_{нач} = 0,75 \cdot b_{жс}$ и в конце – $h_{кон} = 1,25 \cdot b_{жс}$.

При сборе воды затопленными отверстиями их располагают на 70 ÷ 80 мм ниже верхней кромки желоба. То есть высота желоба составит:

$$\begin{aligned} h_{нач} &= (0.07-0.08) + 0.75 \cdot b_{жс}, \\ h_{кон} &= (0.07-0.08) + 1.25 \cdot b_{жс}, \text{ м} \end{aligned} \quad (70)$$

Сбор осветленной воды в осадкоуплотнителе осуществляется затопленными дырчатыми трубами, они же выполняют роль системы принудительного отвода осадка из зоны освещения в осадкоуплотнитель. Скорость движения воды в трубах принимается не более 0,5 м/с, суммарная площадь отверстий в стенке дырчатой трубы рассчитывается по скорости прохода воды через них не менее 1,5 м/с, диаметр отверстий – 20 мм, отверстия располагают на верхней образующей трубы или на боковой поверхности.

Верхняя образующая сборных труб для отвода воды из осадкоуплотнителя должна располагаться на 0,30 м ниже уровня воды в зоне осветления и не менее чем на 1,5 м выше верха осадкоприемных окон. Труб, как правило, две и они объединяются в одну - с установкой регулирующей задвижки на конце. Регулирующая задвижка располагается в общем канале сбора и отвода осветлённой воды осветлителей. Низ задвижки и уровень воды в канале должны иметь перепад не менее 0,4 м.

Размеры общего канала (кармана) рассчитываются на пропуск всего расхода, приходящегося на осветлители, ширина канала должна быть не менее 0,7 м, к каналу присоединяются два отвода (в начале и в конце), которые присоединяются к коллектору, подающему воду на фильтры. Отводы и коллектор имеют одинаковый диаметр, принимаемый по полному расходу.

При расчете площади осадкоприемных окон скорость движения воды в них принимается 0,01–0,015 м/с. Высота окон назначается 0,20–0,25 м, расстояние между ними не более 0,5 м, низ располагается на 1,0–1,5 м выше перехода вертикальной стенки в пирамидальную форму осадкоуплотнителя. Во избежание подсоса в осадкоуплотнитель осветленной воды, осадкоприемные окна перекрывают козырьками, отстоящими от вертикали на высоту окна и имеющие размер больший высоты окна на 0,3.

Удаление осадка из осадкоуплотнителя производится дырчатыми трубами. Средняя скорость движения осадка в отверстиях дырчатых труб должна быть не более 3 м/с. Скорость движения осадка в конце дырчатых труб не менее 1,0 м/с. Диаметр отверстий принимается не менее 20 мм, расстояния между ними не более 0,5 м. Диаметр труб рассчитывают из условия отведения осадка из зоны накопления осадка в течение 15–20 мин, но он должен быть не менее 150 мм. Объем осадка, накапливающегося в осадконакопителе, рассчитывается по формуле (65), при этом продолжительность накопления принимается в пределах 3–12 часов. Достаточность объема зоны накопления осадка проверяется путем сравнения объемов геометрического и расчётного.

Потери напора в распределительной и сборной системе (трубах и каналах) определяются по формуле

$$h = \zeta \cdot \frac{V^2}{2g}, \text{ м} \quad (71)$$

где: ζ – коэффициент гидравлического сопротивления для:

распределительной трубы $\zeta = 2,2 / K_{\Pi} + 1$;

сборного желоба со свободной поверхностью воды и затопленными отверстиями $\zeta = 3,2 / K_{\Pi} + 3$;

сборной трубы, работающей полным сечением $\zeta = 3,3 / K_{\Pi}$;

K_{Π} — коэффициент перфорации — отношение суммарной площади отверстий к площади поперечного сечения прямолинейной трубы или кол-

лектора, или к площади живого сечения в конце сборного желоба, $0,15 \leq K_{\Pi} \leq 2$.

Потери напора в коммуникациях до и после перфорированных участков труб и желобов, а также местные гидравлические сопротивления на указанных участках учитывать дополнительно.

Потери напора в слое взвешенного осадка принимаются 0,01–0,02 м на каждый метр высоты слоя.

12 СКОРЫЕ ФИЛЬТРЫ

Полное осветление и обесцвечивание воды предназначенной для хозяйственно-питьевых целей осуществляется в фильтрах. Скорый открытый фильтр представляет собой железобетонный прямоугольный резервуар (корпус) с фильтрующим слоем, дренажной (распределительной) системой, трубопроводами подачи исходной и промывной воды, трубопроводами отвода осветленной и промывной воды. Основными параметрами, определяющими работу фильтра, являются скорость фильтрования, гранулометрический состав и толщина слоя фильтрующего материала. Значения этих параметров связаны между собой и первоначально принимаются по таблице 15 [3].

Необходимая площадь фильтров определяется при средней расчетной скорости (V_n) для нормального режима работы станции, значения V_n принимаются по таблице. Материал загрузки и диаметр фракций назначается, исходя из наличия местных материалов, целесообразности применения поставляемых и в соответствии с производительностью станции. Все фильтрующие материалы, применяемые в очистке воды хозяйственно-питьевого назначения, должны иметь заключение Минздрава на допустимость их использования.

При промывке, перегрузке или ремонте одного (или одновременно двух – в зависимости от числа их на станции) фильтра остальные фильтры должны быть проверены на работу в форсированном режиме со скоростью фильтрации (V_{ϕ}) и она не должна превышать допустимые пределы, указанные в табл. 15 [3]

$$V_{\phi} = V_n \cdot \frac{N}{N - N_1}, \text{ м/ч} \quad (72)$$

где: N – общее число фильтров;

N_1 – число одновременно выводимых из работы фильтров.

Если V_{ϕ} окажется более нормируемой - предельной величины скорости, то либо необходимо уменьшить скорость фильтрования V_n , либо увеличить число фильтров. С учетом расхода воды на промывки и восполнения сокращенной подачи при простое - во время промывки, расчетную площадь фильтров определяют по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q_n}{V_n \cdot T - 3.6n \cdot t_1 \cdot \omega - n \cdot t_2 \cdot V_n - n \cdot t_3 \cdot V_n}, \text{ м}^2 \quad (73)$$

где: Q_n – производительность станции, определяемая суточной подачей воды потребителям – с учетом собственных нужд, м³/сут;

T – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

n – расчетное число промывок каждого фильтра за сутки при нормальном режиме работы станции, 1–2;

ω – интенсивность промывки фильтра, принимается по таблице 16 [3], дм³/с·м²;

t_1 – продолжительность подачи промывной воды, также по таблице 16 [3], ч;

t_2 – продолжительность простоя фильтра – в связи с промывкой, 0,33–0,5 ч (промываемого только водой);

t_3 – продолжительность сброса первого фильтрата, 0,17 ч.

По экономическим соображениям количество фильтров на водочистных станциях ориентировочно принимается по формуле

$$N = 0.5\sqrt{F_{\phi}}. \quad (74)$$

Максимальная площадь отдельных фильтров не должна превышать 100 м², фильтр с площадью более 30–35 м² выполняются с центральным коридором (каналом), разделяющим его на две равные части. Ширину коридора (канала) принимают исходя из возможности присоединения к нему необходимых трубопроводов, но не менее 0,7 м.

Большим размером фильтра в плане следует принимать тот, который будет параллелен карману или коридору фильтра.

При отключении одного фильтра на промывку остальные фильтры могут работать с постоянной или переменной скоростью. Если на станции менее шести фильтров, то работа их должна осуществляться в режиме постоянной скорости. В этом случае в сооружениях (фильтрах, КХ, отстойниках, осветлителях и смесителях) необходимо предусматривать над нормальным уровнем воды дополнительную высоту – для приема воды, накапливающейся при выключении фильтра на промывку. Дополнительная высота (H_{don}) определяется по формуле

$$H_{don} = W / \sum F, \text{ м} \quad (75)$$

где: W – объем воды, накапливающийся за время промывки одного фильтра, м³;

$\sum F$ – суммарная площадь сооружений, в которых происходит накопление воды, м² (входят площади всех сооружений до фильтров плюс площадь фильтров без одного).

Высота фильтра состоит из высоты: слоя загрузки (H_3), слоя воды над загрузкой (H_B – не менее 2 м), поддерживающего слоя (H_{nc}), дополнительной ($H_{дон}$) и строительной ($H_{стр} = 0,5$ м).

Поддерживающие слои размещаются на дне фильтра, в качестве материала засыпки принимается гравий или щебень различной крупности. Крупность и послойная высота поддерживающего слоя назначается в соответствии с таблицей 14 [3]. Высота поддерживающего слоя (H_{nc}) в мм от низа фильтра составит

$$H_{nc} = (D_k + 100) / 2 - d_{омв} / 2 + 100 + \sum \text{принятых высот слоёв гравия от диаметра фракций 20–10 мм и вышерасположенных, согласно таблице 14 [3], (76)}$$

где: D_k – диаметр коллектора фильтра, мм;

$d_{омв}$ – диаметр ответвлений дренажной системы, мм.

При водовоздушной промывке с подачей воздуха по трубчатой системе высоту слоев крупностью 10–5 мм и 5–2 мм следует принимать по 150–200 мм каждый [3].

При применении щелевых дренажей поддерживающие слои не предусматриваются, но рекомендуется укладывать подстилающий – на высоту щелевого элемента (колпачка или трубы).

Распределительная система фильтра (дренаж) в рабочем режиме – осветление воды служит для сбора и отвода фильтрата в РЧВ, а при промывке – для равномерного распределения промывной воды по его площади. Трубчатый дренаж большого сопротивления (широко применяемый) состоит из коллектора, диаметр которого принимается по скорости движения расчетного промывного расхода воды 0,8–1,2 м/с, и ответвлений – скорость движения воды в них назначается в пределах 1,6–2,0 м/с. Расчетный расход в коллекторе и ответвлениях (q_{np}) определяется по формуле

$$q_{np} = F_{1ф} \cdot \omega, \text{ дм}^3/\text{с} \quad (77)$$

где $F_{1ф}$ – площадь одного фильтра, м^2 .

Расстояния между ответвлениями принимаются 250–300 мм, между осями отверстий 150–200 мм. Отверстия диаметром 10–12 мм располагаются в 2 ряда в шахматном порядке под углом 45° к низу от вертикали. Общая площадь отверстий должна составлять 0,25–0,5 % рабочей площади фильтра. Потери напора (h) в распределительной системе (должны быть не менее 3 м) определяются по формуле

$$h = \left(\frac{2.2}{K_\omega^2} + 1 \right) \cdot \frac{V_k^2}{2g} + \frac{V_{омв}^2}{2g}, \text{ м} \quad (78)$$

где: K_{ω} - отношение суммарной площади отверстий к площади живого сечения коллектора;

V_k – скорость движения воды в коллекторе, м/с;

$V_{отв}$ – скорость движения воды в ответвлениях, м/с.

Для выпуска воздуха из коллектора в конце его (по ходу движения воды) устанавливаются стояки-воздушники диаметром 50–75 мм.

Сбор и отвод промывной воды в канализацию от фильтра осуществляется желобами, имеющими выход в боковой карман или центральный канал и далее в трубопровод.

Желоба выполняются полукруглого или пятиугольного сечения (Рисунок 12.1) из стали или железобетона.

Ширина желоба (В) определяется по формуле

$$B = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{ж}^2}{(1.57 + a)^3}}, \text{ м} \quad (79)$$

где: $a = 1.0–1.5$ – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины;

$K = 2.0$ – коэффициент для полукруглого желоба;

$K = 2.1$ – коэффициент для пятиугольного желоба;

$q_{ж}$ – расход воды по желобу, м³/с

$$q_{ж} = q_{пр} / 1000 \cdot n; \quad (80)$$

n – число желобов в фильтре.

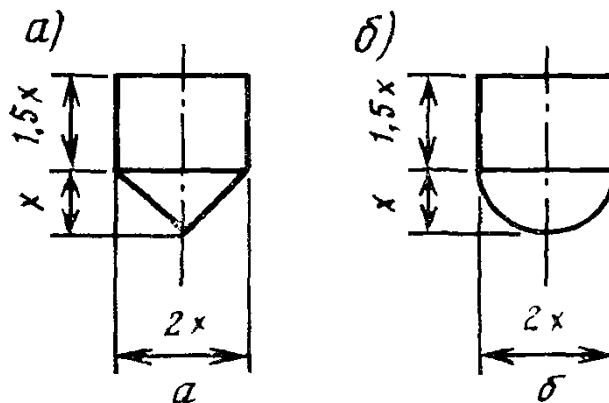


Рисунок 12.1 – Поперечные сечения желобов отвода промывной воды

Размеры желобов в зависимости от отводимого расхода принимаются по таблице (Приложение 1) или по формулам. Высота кромок желобов над поверхностью загрузки определяется по формуле

$$\Delta h = \frac{H_3 \cdot e}{100} + 0.30, \text{ м} \quad (81)$$

где e – относительное расширение фильтрующей загрузки при промывке (по таблице 16), % .

Кромки желобов располагаются строго горизонтально, расстояния между осями соседних желобов не должно быть более 2,2 м. Желоба должны занимать не более 35 % площади фильтра, расстояния от низа желобов до поверхности песка должно быть не менее 0,05 м.

Лотки желобов устраивают с уклоном 0,01 в сторону сборного канала или кармана. Расстояние по высоте ($H_{кан}$) от дна лотка до дна канала (кармана) должно быть не менее

$$H_{кан} = 1.73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{np}^2}{g \cdot B_k^2}} + 0.2, \text{ м} \quad (82)$$

где B_k – ширина канала (кармана), принимается не менее 0,7 м и зависит от диаметра трубопровода отводящего промывную воду ($D_k + 0,1$ м).

Дну фильтра придается уклон 0,005 в сторону сбросного трубопровода. Сбросной трубопровод, присоединяемый к прямку, защищается решеткой или сеткой – во избежание проскока гравия, диаметр его принимается не менее 100 мм.

Размеры трубопроводов или каналов, обслуживающих фильтры, принимаются при скоростях движения воды в них: подающих на фильтр отстоянную воду – 0,8–1,2 м/с, отводящих фильтрат – 1,0–1,5 м/с, подающих на фильтр промывную воду – не менее 2,0 м/с, отводящих в канализацию – не менее 0,8 м/с. Все трубопроводы фильтра оборудуются задвижками, кроме названных устанавливается задвижка сброса первого фильтрата в канализацию.

Промывку скорых фильтров производят очищенной водой, забираемой из РЧВ специальным промывным насосом или подачей ее из специального бака промывной воды. Производительность промывного насоса определяется по формуле

$$Q = 3.6 F_{1\phi} \cdot \omega, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (83)$$

Необходимый напор промывного насоса рассчитывается по формуле

$$H_{np} = H_z + h + h_{\phi} + h_{nc} + h_{nm} + 2, \text{ м} \quad (84)$$

где: H_z – геометрическая высота подъема воды (разность отметок кромок промывных желобов фильтра и низшего горизонта воды в РЧВ), определяется по высотной схеме, м;

h – потери напора в распределительной (дренажной) системе при промывке, м;

h_{ϕ} – потери напора в фильтрующем слое,

$$h_{\phi} = (a + e \cdot \omega) \cdot H_3, \text{ м}; \quad (85)$$

a, b – параметры, для песка с размером фракций 0,5–1,0 мм равны 0,76 и 0,017, для песка с размером зерен 1,0–2,0 мм – 0,85 и 0,04;

h_{nm} – потери напора во всасывающем и напорном участках трубопровода, подающего промывную воду к коллектору распределительной системы фильтра (показать схему сопротивлений), м;

h_{nc} – потери напора в поддерживающем слое

$$h_{nc} = 0,022 \cdot H_{cp} \cdot a, \text{ м}; \quad (86)$$

H_{cp} – высота слоя гравия, оказывающая сопротивление потоку промывной воды, м.

Особое внимание при проектировании обвязки фильтров необходимо обратить на соблюдение расстояний между трубопроводами, обеспечивающих свободный доступ к арматуре в процессе строительства и последующей эксплуатации.

Регулирование задвижками фильтров осуществляется с пультов управления, размещаемыми перед каждым фильтром.

13 ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

Обязательным завершающим процессом при подготовке воды для хозяйственно-питьевых целей является обеззараживание. Несмотря на большое число, имеющихся в настоящее время методов и способов обеззараживания, наиболее распространенным является хлорирование – в силу его относительной простоты, доступности, возможности оперативного контроля и дешевизны. Надежность метода в бактериальном отношении не вызывает никаких сомнений.

Хлорное хозяйство должно обеспечивать прием, хранение, отбор хлора, его дозирование и транспортировку к точкам ввода.

Хлораторные установки следует рассчитывать на расход хлора при дозе 2–3 мг/дм³. Для дозирования хлора в обрабатываемую воду применяют хлораторы. В настоящее время имеется широкий выбор конструктивных решений хлораторов, но наибольшее распространение получили вакуумные хлораторы АХВ-1000.

После выявления расчетной часовой потребности хлора для обеззараживания воды в проектном решении указывается тип ротаметра (РС-3, РС-5 или РС-7) и пределы его измерений. Общее количество хлораторов должно быть не менее двух, т.е. при одном работающем – второй резервный, при двух и более работающих резервных принимается два. К хлораторам, для их нормальной работы, вода подается под давлением не менее 3 атм. Напор хлорной воды после хлораторов должен быть 5–7 м.вод.ст.

Для размещения хлораторов площадь помещения принимается из расчета, что на каждый аппарат необходимо 2 м² или 5 м² вместе с весами. Хлораторы крепят при помощи штырей на расстоянии 0,25–0,30 м от стены. Расстояния между хлораторами принимают не менее 0,6 м.

Обеззараживающие реагенты вводятся в обрабатываемую воду в месте ее выхода из фильтровального зала, перед РЧВ.

Хлораторные обязательно располагают на первом этаже. Помещение хлораторной устраивают в отдельном здании, оно должно иметь два выхода, двери хлораторной герметизируют. При входе в хлораторную устраивают тамбур, в котором размещают шкафы для спецодежды и противогазов, устройства для включения освещения и вентиляции – в защитном исполнении. В хлораторной предусматривается расходный склад хлора. Пятнадцатисуточный запас хлора хранится на складе, который может примыкать к хлораторной, но отделяется огнестойкой стеной без проемов.

В хлораторной или на складе хлора следует устраивать дегазационную яму с бетонными стенками и дном, оборудованную выпуском в канализацию. Объем ямы рассчитывают из условия связывания всего хлора баллона или бочки 10 % раствором тиосульфата натрия, подщелоченным содой или едким натрием (1 кг хлора + 1 кг тиосульфата натрия + 2 кг соды).

Хлораторная и склад хлора оборудуются вытяжной вентиляцией рассчитанной на 12-ти кратный обмен воздуха за 1 час. Выпуск воздуха производится через вентиляционную трубу, верхний конец которой устанавливают на 2 м выше самого высокого здания в радиусе 15 м – для хлораторной и из склада хлора – через трубу высотой 15 м от уровня земли.

Жидкий хлор доставляется и хранится в баллонах или бочках. С одного баллона можно получить $0,5 \div 0,7$ кг хлора в 1 час. При расходе хлора более 200 кг в сутки вместо баллонов применяют бочки. Съем хлора с бочки составляет 3 кг/ч с 1 м^2 ее боковой поверхности.

Высота помещений хлораторной должна быть не менее 3,6 м.

14 СКЛАДЫ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ПОДСОБНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Склады проектируют для "сухого" или "мокрого" хранения реагентов. Запас реагентов, в зависимости от условий поставки, следует рассчитывать на хранение 30-суточного запаса, считая по периоду максимального потребления реагентов, но не менее объема их разовой поставки. Высоту слоя коагулянта следует принимать 2 м, для извести – 1,5 м. При наличии средств механизации для погрузки и разгрузки высота слоев может быть повышена дополнительно на 1,0 м. Концентрация раствора коагулянта при мокром хранении принимается равной 15–20% (на чистый, безводный продукт), число баков хранилищ не менее трех. Склады должны примыкать к помещениям, где располагаются баки последующего приготовления и дозирования реагентов.

Полиакриламид хранят в крытом помещении с плюсовой температурой, но не более 26°C , срок хранения не должен превышать 6 месяцев.

Песковое хозяйство водоочистных станций предусматривается для хранения загрузочных материалов фильтровальных сооружений. Расчет площадей для приема и хранения фильтрующих материалов, подбор оборудования для рассева и промывки их должен производиться из расчета 10 % ежегодного пополнения объема фильтрующей загрузки и периодичности перегрузки фильтров или контактных осветлителей через 5–6 лет. Подачу фильтрующего материала на сооружения рекомендуется осуществлять при помощи гидротранспорта. Расход воды на транспортировку 1 м³ сыпучих материалов составляет 10 м³. Диаметр трубопроводов принимается при скорости движения пульпы 1,5–2,0 м/с, но не менее 50 мм, повороты должны осуществляться с закруглениями равными 8–10 диаметрам трубопровода.

При двухслойных фильтрах на территории хозяйства располагается установка для дробления и рассева антрацита, планируется площадь для хранения готовой антрацитовой загрузки.

На водоочистных станциях предусматриваются лаборатории и вспомогательные помещения, в зависимости от производительности необходимые площади и состав помещений принимается по таблице 22 [3].

15 ГЕНПЛАН ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

Рекомендуемый масштаб генплана – 1:500.

На генплане указывается вход воды на водоочистную станцию от насосной станции 1 подъема, здания основного и вспомогательных комплексов сооружений (хлораторная, РЧВ, насосная станция 11 подъема, сооружения для повторного использования промывной воды и др.), склады, административные объекты и т.д. Расстояния между отдельными сооружениями определяются из условия соблюдения противопожарных разрывов. Взаимное расположение отдельных сооружений станции должно обеспечивать минимальную протяженность трубопроводов между ними, и чтобы каждый тип сооружений можно было вводить в эксплуатацию по очередям, а в дальнейшем расширять без существенной реконструкции станции в целом - при минимальном выключении из работы действующих сооружений. Необходимые разрывы между сооружениями должны предусмотреть их строительство.

В целях обеспечения бесперебойности водоснабжения на очистной станции должны предусматриваться обводные линии для возможности подачи воды, минуя отдельные сооружения.

На генплане наносятся все основные наружные трубопроводы, дороги, подъездные пути, пешеходные дорожки и зеленные насаждения. Расположение транспортных коммуникаций должно обеспечивать рациональное обслуживание отдельных зданий станции.

Территория водоочистной станции является зоной строго режима, поэтому она должна быть ограждена глухим забором на расстоянии 30÷50 м от основных сооружений. Полоса между забором и сооружениями станции озеленяется. На территории станции не допускается располагать сооружения, не имеющие прямого отношения к эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества. – Москва: 2001. – 130 с.
3. СП 31.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. – Москва: ГУП ЦПП, 2012. – 128 с.
4. Николадзе, Г.И. Водоснабжение: Учебник для вузов. / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – Москва: Стройиздат, 1995. – 688 с.
5. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. – Москва: Стройиздат, 1977. – 267 с.
6. Сомов, М. А. Водоснабжение: учебник для студентов, обучающихся по специальности "Водоснабжение и водоотведение" в 2 т. / М. А. Сомов, М. Г. Журба. – Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. Т. 1: Системы забора, подачи и распределения воды. – 260 с. Т. 2; Улучшение качества воды. – 544 с.
7. Орлов, В. А. Водоснабжение: учебник / В. А. Орлов, Л. А. Квитка. – Москва: Инфра-М, 2017. – 448 с.
8. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. – 6 изд., доп. и перераб. – Тверь, 2005. – 116 с. (или любой год издания).
9. Монтаж систем внешнего водоснабжения и водоотведения. Справочник строителя / А.К.Перешивкин, С.А.Никитин, В.А.Алимов и др. Под редакцией А.К.Перешивкина и С.А.Никитина. – Москва: ГУП ЦПП, 2001. – 828 с.
10. Пособия по проектированию сооружений водоснабжения, издаваемые ВОДГЕО.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Размеры отводных желобов промывной воды фильтров в зависимости от отводимого расхода

Расчетный расход $Q_{ж}, \text{ м}^3/\text{с}$	Желоба с треугольным основанием						Желоба с полукруглым основанием					
	a=1			a=1.5			a=1			a=1.5		
0,06	0,4	0,50	0,48	0,34	0,52	0,51	0,36	0,52	0,42	0,31	0,55	0,45
0,065	0,42	0,50	0,50	0,35	0,53	0,52	0,37	0,53	0,43	0,32	0,56	0,46
0,07	0,43	0,50	0,51	0,36	0,54	0,53	0,38	0,54	0,44	0,33	0,56	0,47
0,075	0,44	0,51	0,52	0,37	0,55	0,54	0,39	0,55	0,45	0,34	0,57	0,49
0,08	0,45	0,52	0,53	0,38	0,56	0,55	0,40	0,56	0,46	0,35	0,57	0,50
0,085	0,46	0,53	0,54	0,39	0,56	0,56	0,41	0,57	0,47	0,36	0,57	0,51
0,09	0,47	0,54	0,55	0,40	0,56	0,57	0,42	0,57	0,48	0,37	0,58	0,52
0,095	0,48	0,55	0,56	0,41	0,57	0,58	0,43	0,57	0,49	0,37	0,60	0,52
0,10	0,49	0,55	0,57	0,41	0,59	0,59	0,44	0,58	0,50	0,38	0,60	0,54
0,105	0,50	0,56	0,58	0,42	0,60	0,60	0,45	0,58	0,51	0,39	0,60	0,55
0,11	0,51	0,56	0,59	0,43	0,60	0,61	0,46	0,58	0,52	0,40	0,60	0,56
0,115	0,52	0,56	0,60	0,44	0,60	0,62	0,47	0,58	0,53	0,40	0,60	0,56
0,12	0,53	0,57	0,61	0,45	0,60	0,63	0,48	0,58	0,54	0,41	0,62	0,57
0,125	0,54	0,57	0,62	0,45	0,61	0,64	0,49	0,58	0,55	0,42	0,62	0,59
0,13	0,55	0,57	0,63	0,46	0,61	0,66	0,50	0,59	0,6	0,43	0,63	0,60
0,135	0,56	0,58	0,64	0,47	0,61	0,67	0,50	0,60	0,56	0,43	0,63	0,60
0,14	0,57	0,58	0,65	0,47	0,62	0,67	0,51	0,60	0,57	0,44	0,63	0,61

Учебное издание

**ВОДОПРОВОДНЫЕ ОЧИСТНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ**

Методические указания к курсовому проектированию,
практическим занятиям и самостоятельной работе

Составитель
ЖУЛИН Александр Гаврилович

В авторской редакции

Подписано в печать 18.10.2018. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 2,63.
Тираж 300 экз. Заказ № 18-697.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.