

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра гидравлики, водоснабжения и водоотведения

ВОДОПРОВОДНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

*Методические указания
к выполнению курсового проекта по очистке природных вод
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»
профиля «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения.*

Воронеж 2021

УДК 628.161(07)
ББК 38.761.1я73

Составители

Л.К. Бахметьева, А.В. Бахметьев

ВОДОПРОВОДНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ: метод. указания к выполнению курсового проекта по очистке природных вод для студ., обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения. / ВГТУ; сост: Л.К.Бахметьева. А.В.Бахметьев. - Воронеж, 2021. – 23 с.

Приведены различные схемы комплекса очистных сооружений для подготовки питьевой воды, даны принципиальные методы гидравлического расчета узлов сооружений по выбранной схеме очистки воды.

Предназначены для студентов дневного и заочного обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение».

Табл. 6. Библиогр.: 7 назв.

УДК 628.161(07)
ББК 38.761.1я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Рецензент – Д. Н. Китаев, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела Воронежского государственного технического университета

Введение

Курсовой проект по очистке природных вод выполняется студентами дневного и заочного обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение».

В ходе проектирования студент использует ранее полученные знания по расчету сети, проектированию насосных и воздуходувных станций, по строительным конструкциям и технологии строительного производства. Выполнение курсового проекта «Водопроводные очистные сооружения» дает студентам первый опыт в выборе при заданных условиях технологической схемы подготовки воды хозяйственно – питьевого назначения при заборе ее из поверхностных источников, а также конструкций сооружений с производством необходимых расчетов.

Проектом должны быть предусмотрены водо-охранные мероприятия, предотвращающие возможность загрязнения окружающей среды при работе водоочистных комплексов.

Настоящие методические указания не могут являться единственным литературным источником при проектировании сооружений очистки воды, а имеют своей целью лишь помочь студенту в последовательности выполнения проекта и в правильности ориентации в большом количестве литературы, которой ему придется пользоваться во время проектирования.

1. Задание на выполнение курсового проекта

1.1. Задача проекта

Задачей курсового проекта по водопроводным очистным сооружениям является закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков в работе водоочистных комплексов.

Задание на курсовой проект составлено с целью приближения работы студентов к реальным условиям проектирования. Для выполнения проекта студент принимает условия проектирования на основании варианта соответствующего двум последним цифрам номера зачетной книжки.

Запроектированные водоочистные сооружения должны отвечать современному уровню научно-технических достижений в области водоподготовки и предусматривать очистку воды до требований государственного стандарта на питьевую воду.

1.2. Объем и состав проекта

Курсовой проект по водопроводной очистной станции разрабатывается в объеме, соответствующем стадии технического проекта. В состав проекта входит расчетно-пояснительная записка и чертежи.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Введение с заданием на курсовой проект.

2. Анализ качества воды в источнике водоснабжения и выбор методов ее обработки.
3. Выбор состава и типов очистных сооружений.
4. Гидравлический расчет и описание очистных сооружений, вспомогательного оборудования и установок.

Расчеты должны быть иллюстрированы эскизами и схемами с указанием основных размеров.

5. Список используемой литературы.

Объем расчетно-пояснительной записки 25-30 страниц.

Чертежи должны содержать:

1. Генеральный план площадки очистной станции в масштабе 1:500, 1:1000 с указанием всех основных и вспомогательных сооружений, коммуникаций между отдельными узлами с нанесением размеров сооружений и расстояний между ними и общими размерами площадки с учетом зоны санитарной охраны. На сооружениях должны быть нанесены отметки пола здания или дна для резервуаров чистой воды, резервуаров промывных вод, отстойников, осадкогустителей.
2. Высотную схему очистной станции в масштабе 1:100, с указанием отметок уровней воды, осей труб, днищ сооружений, водоотводящих лотков.

Объем графической части проекта 1 – 2 листа формата А1.

2. Выбор способа обработки воды и доз реагентов

2.1. Анализ качества исходной воды и выбор методов ее обработки

Анализ качества воды источника и выбор методов ее обработки осуществляется на основании данных задания об источнике водоснабжения и требований к качеству питьевой воды.

Требование к качеству питьевой воды и ее санитарно-бактериологические показания должны служить основными исходными данными для проектирования очистных сооружений. Качество воды, подаваемой централизованными водопроводами для хозяйственно-питьевых целей, должно соответствовать [7].

Метод улучшения качества воды и соответствующий комплекс очистных сооружений выбираются в зависимости от физико-химического, бактериологического и биологического состава ее в источнике водоснабжения, от требований потребителя, производительности станции и специфических местных условий.

2.2. Реагенты и их дозы

Для удаления примесей в воду добавляют различные реагенты, последовательность введения которых принимают по [1, п.9.15]. В качестве коагулянта применяют сернокислый алюминий(глинозем) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$,

железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ или хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Правильную дозу реагентов можно установить только на основании пробного коагулирования. Для ориентировочных расчетов при проектировании очистных сооружений дозу коагулянта принимают по [2, табл. 16.] в зависимости от мутности исходной воды или определяют по формуле:

$$D = 4\sqrt{C} \text{ , мг/л,} \quad (1)$$

где C – цветность обрабатываемой воды, град. ПКШ.

При проектировании реагентного хозяйства водоочистного комплекса принимают большую из полученных доз. Если предусматривается предварительное осветление воды с большой исходной мутностью, проектируемая доза реагентов рассчитывается на мутность воды после ее предварительного отстаивания.

Коагуляция протекает достаточно полно при соответствующей щелочности воды. Если щелочность недостаточна, то реакция по образованию хлопьев идет медленно. В этом случае воду надо искусственно подщелачивать. Необходимость подщелачивания проверяют по формуле:

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}}(D_{\text{к}}/e - \text{Щ}_0 + 1), \quad (2)$$

где $D_{\text{щ}}$ – необходимая доза подщелачивающих реагентов, мг/дм³;
 $D_{\text{к}}$ – максимальная в период подщелачивания доза коагулянта, мг/дм³;
 e – эквивалентный вес коагулянта (безводного продукта), мг-экв/дм³,
принимаемый для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 57, для FeSO_4 - 67, для FeCl_3 - 54;
 Щ_0 – минимальная щелочность исходной воды, мг-экв/дм³, при расчете курсового проекта принимается равной карбонатной жесткости, $\text{Ж}_{\text{к}}$;
 $K_{\text{щ}}$ – коэффициент, равный для извести (по CaO) – 28 г/г-экв, для соды (по Na_2CO_3) – 53 г/г-экв.

Если доза щелочи получается отрицательной, значит, подщелачивание не требуется.

Для интенсификации процесса коагуляции применяют флокулянты, в качестве которых рекомендуют использовать полиакриламид (ПАА) и активную кремнекислоту (АК). Дозу ПАА принимают по [2, табл. 17]. Дозу АК предусматривают в пределах 1 – 5 мг/дм³ в зависимости от мутности, цветности и температуры воды по [2, п.6.17].

Флокулянты следует вводить в воду после коагулянта. При очистке высокомутных вод допускается ввод флокулянтов до коагулянтов. Следует предусматривать возможность ввода флокулянтов и коагулянтов с разрывом во времени до 2 – 3 мин. в зависимости от качества обрабатываемой воды.

2.3. Состав очистных сооружений

Для выбора состава очистных сооружений необходимо знать расчетную производительность, цветность исходной воды и концентрацию взвешенных веществ (С) после добавления реагентов, определяемую по формуле:

$$C = M + K \cdot D_k + 0,25Ц + V_n, \quad \text{г/м}^3, \quad (3)$$

где M – количество взвешенных веществ в исходной воде, г/м^3 ;
 D_k – доза коагулянта по безводному продукту, г/м^3 (мг/дм^3);
 K – переводной коэффициент, применяемый для очищенного сернокислого алюминия – 0,5, для нефелинового коагулянта – 1,2, для хлорного железа – 0,7 [2,п.6];
 $Ц$ – цветность исходной воды, град. ПКШ;
 V_n – количество нерастворимых веществ, вводимых с известью:

$$V_n = D_n / K_n - D_n, \quad (4)$$

где D_n – доза извести по САО, г/м^3 ;
 K_n – долевое содержание САО в извести, принимается по паспорту предприятия изготовителя (0,47 - 0,49).

Выбор состава объектов станций очистки воды и типов очистных сооружений для осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды открытых источников водоснабжения зависит от метода ее обработки и может быть произведен с учетом расчетной производительности станции на основании данных табл.1.

Приведенный перечень сооружений является примерным и может изменяться или дополняться при детальной разработке проекта, а также в зависимости от качества воды в источнике и особых требований к очищенной воде потребителем.

Таблица 1

Условия применения различных технологических схем очистки воды поверхностных источников до питьевого качества

Технологическая схема очистных сооружений	Исходные данные для выбора технологической схемы очистных сооружений		
	Мутность, М, мг/дм^3	Цветность, Ц, град. ПКШ	Производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$
Вертикальные отстойники – скорые фильтры	До 1500	До 120	До 5000
Горизонтальные отстойники – скорые фильтры	До 1500	До 120	Свыше 30000
Осветлители со взвешенным осадком – скорые фильтры	$50 < M < 1500$	До 120	Свыше 5000
Контактные префильтры – скорые фильтры	До 300	До 120	Любая

Технологическая схема очистных сооружений	Исходные данные для выбора технологической схемы очистных сооружений		
	Мутность, М, мг/дм ³	Цветность, Ц, град. ПКШ	Производительность станции, м ³ /сут
Флотаторы – скорые фильтры	150	200	Любая
Две ступени отстойников – скорые фильтры	Более 1500	120	Любая
Контактные осветлители	До 120	До 120	Любая
Медленные фильтры	До 50	До 50	Любая

Примечание: любая из указанных схем очистки должна давать воду питьевого качества (мутность до 1,5 мг/дм³, цветность до 20 град. ПКШ).

3. Гидравлический расчет узлов сооружений по выбранной схеме очистки воды

3.1. Реагентное хозяйство

3.1.1. Сухое хранение коагулянта

Для хранения реагентов необходимо устройство склада, рассчитанного на 15 – 30 – суточный запас, считая по периоду максимального расхода реагента. Площадь склада определяется по формуле

$$F_{\text{скл}} = Q_{\text{сут}} D_{\text{к}} T \alpha / (10000 P_{\text{с}} G_0 h_{\text{к}}), \text{ м}^2, \quad (5)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – полная производительность очистной станции, м³/сут;

$D_{\text{к}}$ – максимальная доза реагента, г/м³;

T – продолжительность хранения реагента на складе в сутках (15 – 30 сут);

α – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь проходов на складе, равный 1,15;

$P_{\text{с}}$ – содержание активного вещества в коагулянте (извести) в процентах [3];

G_0 – объемный вес коагулянта (извести) при загрузке склада навалом, т/м³;

$h_{\text{к}}$ – допустимая высота слоя коагулянта (извести) на складе, м.

При определении площади склада для хранения реагентов высота слоя коагулянта принимается 2м, извести – 1,5м.

При наличии соответствующей механизации высота слоя коагулянта может быть увеличена до 3,5м, извести до 2,5м.

Для приготовления раствора коагулянта применяют специальные установки, в состав которых входят растворные и расходные баки, а также

воздуходувки для перемешивания раствора реагентов. Вместимость, $W_{\text{раст}}$, растворных баков, определяют по формуле:

$$W_{\text{раст}} = Q_{\text{ч}} n D_{\text{к}} / 10000 b_{\text{раст}} \cdot \gamma, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность станции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$D_{\text{к}}$ – максимальная доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, $\text{г}/\text{м}^3$;

$b_{\text{раст}}$ – концентрация раствора коагулянта в растворных баках, применяется в пределах 10 – 17% [2, п.6.21];

γ – плотность раствора коагулянта, $\text{кг}/\text{м}^3$, табл. 2;

n – время полного цикла приготовления раствора коагулянта, ч [2, п.6.22].

Принимается не менее трех баков рассчитанной вместимости.

Таблица 2

Значения плотности растворов коагулянтов

Тип коагулянта	Температура, °С	Плотность раствора, $\text{кг}/\text{м}^3$, при его концентрации по массе, %									
		1	2	4	6	8	10	20	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	19,0	1,001	1,019	1,040	1,060	1,083	1,105	1,266	1,338	---	---
FeCl_3	17,5	1,007	1,015	1,032	1,049	1,067	1,085	1,182	1,291	1,417	1,551
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	17,5	1,007	1,016	1,033	1,050	1,067	1,084	1,181	1,307	1,449	1,613
FeSO_4	18,0	1,008	1,018	1,037	1,057	1,078	1,106	1,213	---	---	---

Вместимость расходных баков, м^3 , определяется по формуле:

$$W_{\text{расх}} = W_{\text{раст}} b_{\text{раст}} / b_{\text{расх}}, \text{ м}^3, \quad (7)$$

где $b_{\text{расх}}$ – концентрация раствора коагулянта в расходных баках, принимаемая равной 4 – 10% в пересчете на безводный продукт [2, п.6.22.2].

Устанавливается не менее *двух баков* рассчитанной вместимости.

Растворные и расходные баки обычно изготавливаются из железобетона, внутренние стенки их обкладывают кислотоупорным кирпичом или кислотоупорной плиткой на кислотостойкой замазке. При расходе коагулянта до $0,5 \text{ м}^3/\text{сут}$ растворно-расходные баки можно изготавливать из дерева.

Баки устраивают прямоугольной формы. Размеры баков находят, задаваясь высотой рабочей части, которая для растворных баков принимается равной 1 – 1,5 м, для расходных 2 – 2,2 м. Диаметр трубопроводов для опорожнения и сброса осадка в водосток принимают не менее 150 мм.

3.1.2. Мокрое хранение коагулянта

При мокром хранении коагулянта его раствор крепостью 20 – 30% готовится на станции в специальных растворных баках, вместимость которых определяют в зависимости от объема доставки. Доставка может осуществляться автосамосвалами или вагонами. При доставке автосамосвалами вместимость растворного бака определяется по формуле:

$$W_{\text{раст}} = Q_{\text{сут}} D_{\text{к}} t / 10000 b_p \gamma_p, \text{ м}^3, \quad (8)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$;
 t – время приготовления раствора коагулянта, $t = 1 \text{ сут}$;
 b_p – концентрация раствора коагулянта, $b_p = 30\%$;
 γ_p – плотность раствора коагулянта (табл.2), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Количество растворных баков принимают не менее двух.

Баки – хранилища располагаются, как правило, в зданиях, но при обосновании допускается их расположение вне зданий.

Количество баков - хранилищ должно быть не менее двух [2, п.6.22.].

При количестве баков до десяти следует предусматривать один резервный.

Вместимость баков – хранилищ определяется по формуле:

$$W_{\text{бх}} = Q_{\text{сут}} D_{\text{к}} T / 10000 b_p \gamma_p, \text{ м}^3, \quad (9)$$

где T – время хранения коагулянта, $T = 15 - 30 \text{ сут}$.

Объём расходных баков определяется по формуле:

$$W_{\text{расх}} = Q_{\text{ч}} D_{\text{к}} n / 10000 b \gamma_p, \text{ м}^3, \quad (10)$$

где n – время, на которое заготавливается раствор коагулянта, $n = 10-12 \text{ ч}$;
 b – крепость раствора коагулянта в растворном баке, b – до 12%.

Количество баков принимается не менее трех.

3.2. Устройства для приготовления известкового молока

С целью приготовления известкового молока должны быть запроектированы устройства для гашения извести, баки для приготовления известкового молока, дозаторы для введения его в воду.

Гашение извести производится в известегасилках, в которых на 1т товарного продукта подают 7–10 м^3 воды. Техническая характеристика известегасительных аппаратов приведена в табл. 3.

Характеристика аппаратов известкового хозяйства

Марка аппарата	Производительность, т/ч	Габариты, мм			Мощность электродвигателя, кВт
		длина	ширина	высота	
Известегасилка С – 382	1,0	1770	1750	1540	2,8
Известегасилка СМ – 1247	2 – 3	2800	996	1560	2,2
Шаровая мельница СМ - 432	0,5 – 1,9	5088	1800	1700	20
Стержневая мельница СМ - 435	1 – 2,4	4925	1820	1700	20

Из известегасительных аппаратов известковое молоко сливается в промежуточные баки, в которых осуществляется непрерывное перемешивание. Количество баков принимается равным количеству известегасилок такой же емкости.

Вместимость расходных баков определяется по формуле:

$$W_{и} = Q_{ч} D_{и} n / 10000 b_{и} \gamma_{и} , \text{ м}^3 , \quad (11)$$

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

n – время приготовления известкового молока, $n = 10 - 12$ ч;

$D_{и}$ – доза извести в пересчете на СаО, г/м³ (формула 2);

$b_{и}$ – концентрация известкового молока, ($b_{и}$ принимается не более 5%);

$\gamma_{и}$ – плотность раствора известкового молока, кг/м³.

Перемешивание известкового молока в баках может осуществляться гидравлическими методами (с помощью циркуляционного насоса), сжатым воздухом и лопастными мешалками.

Баки для гидравлического перемешивания известкового молока объемом 1 – 4м³ изготавливают серийно. При перемешивании известкового молока воздухом интенсивность его подачи должна составлять 8 -10 л/(с•м²) [2, п.6.37].

3.3. Аппараты для растворения и перемешивания реагентов

Для растворения и перемешивания реагентов в баках предусматривается подвод воздуха от воздуходувок. При этом применяются водокольцевые насосы–воздуходувки типа ВК. Производительность воздуходувок определяется по формуле:

$$Q_v = \Sigma(i \cdot F) \frac{60}{1000}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (12)$$

где i – интенсивность подачи воздуха в баки с реагентами, л/(с•м²);

F – площадь в плане баков с реагентами, м²;

Интенсивность подачи воздуха в баки для перемешивания растворов, принимается:

- для растворных баков коагулянта 8 - 10 л/(с•м²)
- для расходных баков коагулянта 3 - 5 л/(с•м²)
- для перемешивания известкового молока и других реагентов в баках-хранилищах 8 - 10 л/(с•м²)

При расчёте учитывается одновременное приготовление раствора в двух растворных баках и в одном расходном для каждого реагента.

По производительности подбирается потребное количество воздуходувок. Следует предусмотреть одну резервную воздуходувку.

Характеристики воздуходувок типа ВК приведены в табл.4.

Таблица 4

Характеристики водокольцевых воздуходувок типа ВК

Марка воздуходувки	Подача м ³ /мин	Габариты с электродвигателем, мм			Мощность электродвигателя, кВт
		длина	ширина	высота	
ВК – 1,5	1,4	660	562	850	4
ВК – 3	3,1	1225	527	990	7,5
ВК – 6	5,7	1500	580	1370	18,5
ВК - 12	10,4	1840	780	1750	22,0

3.4. Дозирование реагентов

Дозирование коагулянтов и известкового молока рекомендуется производить насосами – дозаторами или весовыми дозаторами системы В.В.Хованского, автоматическими дозаторами системы Л.В. Чейшвили и И.Д.Крымского, дозаторами типа ДИМБА и др. Наибольшее применение нашли насосы – дозаторы. Они подбираются по производительности, которая находится по формуле:

$$Q_{н-д} = Q_{ч} \cdot D_p / 10b\gamma, \text{ л/ч}, \quad (13)$$

где $Q_{ч}$ – часовая производительность, м³/ч;

D_p – принятая доза реагента, г/м³;

b – концентрация раствора реагента в расходных баках, %

γ – плотность раствора реагента в расходных баках, кг/м³.

Характеристики насосов – дозаторов типа НД приведены в табл.5.

Основные характеристики насосов – дозаторов типа НД

Марка	Габариты, мм			Масса с электродвигателем серии ВАО, кг
	длина	ширина	высота	
НД 10/100	445	215	465	42
НД 16/23	450	215	465	43
НД 25/40	470	215	465	44
НД 40/25	475	215	465	45
НД 63/16	475	280	677	46
НД 100/10	475	215	465	48
НД 160/25	648	273	622	78
НД 400/16	803	280	677	110
НД 630/10	803	280	677	120
НД 1000/10	840	302	726	150
НД 1600/10	965	350	840	239
НД 2500/10	970	350	840	245

4. Проектирование сооружений для очистки воды

4.1. Смесители

Смесители служат для быстрого и равномерного распределения реагентов в массе обрабатываемой воды. Смешение должно осуществляться в течении 1 – 2мин. В отечественной практике применяют следующие типы смесителей: шайбовый, дырчатый, перегородчатый, вертикальный (вихревой). Допускается производить смешивание воды с реагентами в трубопроводах и насосах, подающих воду на очистные сооружения. При вводе реагентов в трубопровод длина участка смешения должна определяться из расчета потери напора на этом участке менее 0,3 – 0,4м.

Расчет смесителей ведется по [3, §17] согласно [1, п.п.9.31-9.40].

4.2. Камеры хлопьеобразования

Камеры хлопьеобразования служат для перемешивания воды и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта в крупные. Вместе с тем перемешивание не должно происходить с большой интенсивностью (как в смесителях), так как это может привести к раздроблению образующихся хлопьев [4]. Камеры хлопьеобразования устанавливаются перед горизонтальными и вертикальными отстойниками. При применении осветлителей со взвешенным осадком или контактных осветлителей устройство камер хлопьеобразования излишне, так как процесс образования хлопьев протекает в самом осветлителе. Емкость камеры хлопьеобразования рассчитывается на время пребывания в ней воды от 6 до 30 мин. (в зависимости от типа камеры). При горизонтальных отстойниках

устанавливают лопастные, перегородчатые, вихревые камеры хлопьеобразования, при вертикальных – водоворотные.

Чтобы не разрушались образовавшиеся хлопья, скорость движения воды при отводе в сборных лотках, трубах и отверстиях распределительных перегородок должна быть не более 0,1 м/с для мутных вод и 0,05 м/с для цветных вод. Расчет камеры хлопьеобразования ведется по [3, §18], согласно [1, п.п.9.43-9.48].

4.3. Отстойники

В практике водоснабжения используются вертикальные и горизонтальные отстойники. Вертикальные отстойники применяются при реагентной обработке воды на станциях небольшой производительности (до 5000м³/сут). Горизонтальные отстойники проектируются при безреагентной и рагентной схемах очистки воды на станциях большой производительности (табл.1).

Расчёт вертикальных отстойников осуществляется по [3, §20Б] согласно [1, п.п.9.49-9.52].

Расчёт горизонтальных отстойников ведется по [3, §20А] согласно [1, п.п.9.53-9.61].

4.4. Осветлители со взвешенным осадком

Осветлители обеспечивают более высокий эффект очистки воды, чем вертикальные отстойники. Применение осветлителей целесообразно при производительности очистных сооружений свыше 5000 м³/сут. При большей мутности и цветности исходной воды (табл.1). Расчет осветлителей со взвешенным осадком ведется по [3, §23,24] согласно [1, п.п.9.62-9.73].

4.5. Сооружения для осветления высокомутных вод

При концентрации взвешенных веществ в воде более 1500 мг/л следует предусматривать двухступенчатое отстаивание с обработкой воды перед сооружениями первой и второй ступеней.

В качестве предварительных отстойников проектируются радиальные отстойники со скребками на вращающихся фермах и горизонтальные отстойники с цепными скребковыми механизмами.

При обосновании возможно применение для первой ступени осветления плавучего водозабора – осветлителя с тонкослойными элементами без применения реагентов.

Камеры хлопьеобразования перед горизонтальными отстойниками следует применять механического типа. Перед радиальными отстойниками камеры хлопьеобразования не предусматриваются. Горизонтальные отстойники проектируют по вышеуказанной методике. Проектирование радиальных отстойников осуществляется по [3, §20В] согласно [2, п.п.6.93-6.94].

4.6. Скорые фильтры

Скорые фильтры предназначены для удаления из воды взвешенных и коллоидных веществ, как правило, после укрупнения их коагулированием в прочные агрегаты, задерживаемые зернистой загрузкой. После фильтрования мутность воды, предназначенной для питьевых целей, не должна превышать 1,5 мг/л [7].

Помимо взвешенных веществ, фильтры должны задерживать большую часть микроорганизмов и микрофлоры и понижать цветность воды до требований [7].

Для очистки питьевой воды применяются фильтры однослойные, двухслойные и двухпоточные. Расчет скорых фильтров осуществляется по [3, §26 - 29] согласно [1, п.п.9.78-9.96].

4.7. Контактные осветлители

Грязеёмкость зернистого фильтра возрастает с увеличением пористости и эффективного диаметра фильтрующей загрузки. Исследования по увеличению грязеемкости фильтров привели к созданию контактных осветлителей, в которых осветляемая вода движется через загрузку в направлении убывания ее крупности. Введение коагулянта в воду непосредственно перед поступлением ее в зернистый фильтрующий слой позволяет осуществить процесс осветления воды контактной коагуляцией при дозе коагулянта меньшей, чем при коагуляции тех же коллоидных загрязнений воды в свободном объеме. Контактные осветлители целесообразно применять в одноступенчатых схемах очистки маломутных цветных вод (табл.1).

Проектирование контактных осветлителей ведется по [3, §31] согласно [1, п.п.9.97-9.110].

4.8. Медленные фильтры

Медленные фильтры могут применяться для фильтрования некоагулированной воды, содержащей относительно мелкую взвесь. Их применяют при небольшой мутности и цветности исходной воды на станциях малой производительности (табл.1) в основном в сельскохозяйственных водопроводах. Расчет и проектирование медленных фильтров следует вести по [4, 6] с учетом требований [2, п.п.6.137-6.140].

4.9. Напорные фильтры

Напорные грубозернистые фильтры находят применение в системах производственных водопроводов для частичного осветления воды при помощи одного фильтрования, что позволяет исключить предварительные стадии очистки воды в отстойниках и осветлителях. Применяются они в безреагентных и реагентных схемах очистки воды. Использование очистных сооружений с

напорными фильтрами дает возможность исключить из системы водоснабжения насосную станцию второго подъема, что значительно сокращает как строительные, так и эксплуатационные расходы.

Проектирование напорных крупнозернистых фильтров осуществляется по [3, §32] согласно [2, п.п.6.118-6.125].

4.10. Микрофильтры

Микрофильтры применяют для удаления из воды планктона во время цветения водоема, если продолжительность цветения водоема не менее одного месяца в году. Тип микрофильтра подбирается по табл.6 в зависимости от производительности очистных сооружений.

Таблица 6

Технические характеристики микрофильтров типа МФ и барабанных сеток типа БС (завод «Водмашоборудование»)

Марка аппарата	Производительность, тыс. м ³ /сут	Размеры барабана, мм			Размеры агрегата, мм			Число фильтрующих элементов	Электродвигатель			Вес, кг
		D	L	L ₁	длина камеры А	ширина камеры	Н		марка	Число оборотов в мин	Мощность, кВт	
МФ1,5x1	4		1240	2064	2095	2660	1000	18	Т-51/8-6-4	1500	2,5	1240
БС1,5x1	10		1240	2064	2095	2660	1000	18	АОЛ-42-6	750	1,7	1240
МФ1,5x2	8	1550	2305	3130	3160	2660	1000	36	Т-51/8-6-4	1500	2,5	1700
БС1,5x2	20		2305	3130	3160	2660	1000	36	АОЛ-42-6	750	1,7	1700
МФ1,5x3	12		3370	4195	4196	2660	1000	54	Т-51/8-6-4	1500	2,5	2050
БС1,5x3	30		3370	4195	4196	2660	1000	54	АОЛ-42-6	750	1,7	2050
МФ3x1,5	15		1714	2575	2606	4060	1700	18	Т-52/8-6-4	1500	4	2160
БС3x1,5	35		1714	2575	2606	4060	1700	18	АО-51-6	750	2,8	2100
МФ3x3	30	3050	3370	4091	4122	4060	1700	36	Т-52/8-6-4	1500	4	2570
БС3x3	70		3370	4091	4122	4060	1700	36	АО-51-6	750	2,8	2570
МФ3x4,5	45		4744	5604	5635	4060	1700	54	Т-52/8-6-4	1500	4	3937
БС3x4,5	105		4744	5604	5635	4060	1700	54	АО-51-6	750	2,8	3970

5. Установки для обеззараживания воды

Обеззараживание, или дезинфекция, воды применяется для устранения из нее болезнетворных и иных микроорганизмов и вирусов, из-за наличия которых вода становится непригодной для питья, хозяйственных нужд и промышленных целей. Обеззараживание воды может быть достигнуто несколькими методами. В практике коммунального водоснабжения наибольшее распространение получили действие ультрафиолетового излучения и обеззараживание воды окислителями (хлором, двуокисью хлора, озоном, перманганатом калия).

Выбор метода обеззараживания воды необходимо производить с учетом качества воды, эффективности ее очистки, технико-экономических обоснований, надежности обеззараживания и т.д.

При выполнении курсового проекта выбор метода обеззараживания производится по согласованию с руководителем проекта.

Хлорирование осуществляется обычно жидким (газообразным) хлором или раствором хлорной извести (в установках производительностью до 3000 м³/сут.). Доза хлора назначается с таким расчетом, чтобы обеспечить полное окисление содержащихся в воде органических веществ. Кроме того, принятая доза хлора должна обеспечивать в ближайшей точке водопровода от насосной станции наличие активного свободного хлора в количестве 0,3 – 0,5 мг/л или связанного активного хлора в количестве 0,8 – 1,2 мг/л.

При водопотреблении из поверхностных источников хлор обычно вводится дважды: первичное хлорирование дозой 2 – 3 мг/л осуществляется до очистных сооружений и вторичное хлорирование дозой 1 – 2 мг/л производится после фильтрования воды. Эти данные применяются для ориентировочных расчетов. Действительно, необходимые дозы хлора определяются в каждом конкретном случае с учетом качества воды в источнике водоснабжения. Проектирование установок для обеззараживания воды хлором можно осуществить по [3, §34 - 36] с учетом [1, п.п.9.116-9.127].

Озонирование вполне обеспечивает обеззараживание воды, если она предварительно осветлена или если мутность природной воды ниже 3мг/л. Озонирование вызывает внезапно резкое и полное бактерицидное действие, соответствующее определенной критической дозе озона. Озонирование придает воде отчетливую голубую окраску. При озонировании хорошо устраняются запахи и привкусы воды, так как озон действует на соединения, которые не поддаются действию химических реагентов. Необходимая доза озона принимается для воды подземных источников 0,75 – 1,0 мг/л, для фильтрованной воды поверхностных источников 1 – 3 мг/л. Расчет установок для озонирования воды можно вести по [3, §39,40] с учетом требований [1, п.п.9.127-9.131].

Обеззараживание воды **бактерицидными лучами** применяется чаще для подземных вод при условии постоянного обеспечения требований стандарта на питьевую воду по мутности, цветности и другим показателям. Действие бактерицидного облучения происходит почти мгновенно, и, следовательно, вода прошедшая через установку, может сразу поступить потребителю. Расход электроэнергии на обеззараживание 1м³ подземных вод, качество которых отвечает требованиям стандарта на питьевую воду [7], не превышает 10 – 15 Вт•ч. При обеззараживании воды из поверхностных источников, прошедшей обработку на водоочистных сооружениях, расход электроэнергии составляет до 30 Вт•ч на 1м³. Расчет и проектирование установок обеззараживания воды бактерицидными лучами можно осуществлять по [3 §37,38] с учетом [1, п.п.9.132-9.134].

6. Повторное использование промывной воды

Для сокращения расходов воды на собственные нужды станции водоподготовки, с одной стороны, и для предохранения водоемов от загрязнения, с другой, следует применять повторное использование воды после промывки фильтров и контактных осветлителей, а также воды, используемой для удаления осадка из отстойников при их опорожнении.

При двухступенчатой реагентной схеме очистки воды промывные воды после фильтров следует направлять в резервуар промывных вод и равномерно перекачивать в головной узел очистных сооружений, при этом отстаивание промывных вод предусматривать не следует.

При одноступенчатых схемах очистки воды промывные вод необходимо очищать в отстойниках периодического действия. Расчет сооружений повторного использования промывных вод следует вести по [3, §29] с учетом [1, п.п.9.166-9.171].

7. Построение высотной схемы сооружений

При компоновке очистных сооружений необходимо:

- 1) компактно их разместить с обеспечением удобства эксплуатации;
- 2) создать условия самотечного движения воды на всем ее пути – от головного сооружения очистной станции до резервуара чистой воды.

Для самотечного движения воды следует использовать рельеф местности. Это позволит уменьшить заглубление, сократить объем земляных работ и удешевить строительство очистной станции. При построении высотной схемы станции нужно руководствоваться данными [3, §6] и [1, п.п.9.189-9.191]. При составлении высотной схемы следует предусмотреть возможность спуска воды от отдельных сооружений (резервуаров, отстойников и т.д.), а также отвод бытовых сточных вод.

8. Компоновка станции очистки воды

Размещение сооружений очистной станции, подсобных сооружений и коммуникаций решается с учетом интересов всего комплекса узла водопроводных сооружений. При этом возможно расположение очистной станции вблизи места забора воды из источника или вблизи объекта водоснабжения. В первом случае очистные сооружения входят в единый комплекс головных сооружений, состоящий из водоприемных и очистных сооружений, насосных станций 1 и 2 – подъемов и резервуаров.

Во втором случае в комплекс водопроводных сооружений входят очистная станция, резервуары чистой воды и насосная станция 2 подъема. Место расположения сооружений должно обеспечить возможность

организации санитарной охраны и удобных подъездов к станции. При выборе площадки должна быть предусмотрена возможность дальнейшего расширения станции. Следует предусматривать устройство асфальтированных дорог, аллей, фонтанов, посадку зеленых насаждений.

В составе сооружений станции очистки необходимо предусмотреть склады (хлора, реагентов, песка, щебня), лабораторию, мастерские и другие служебные помещения [1, п.9.172-9.188, табл.22].

Большое значение для компоновки станции имеет правильное определение диаметров труб и размеры каналов. Это определение производится [8] по скорости движения воды в трубах и каналах, которая принимается по [3, табл.13]. При проектировании станций очистки воды должна быть предусмотрена система обводных коммуникаций, обеспечивающих возможность подачи воды при аварии, минуя сооружения, а также для отключения отдельных сооружений [2, п.6.220].

Библиографический список

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02 – 84 // ООО РОСЭКОСТРОЙ, ОАО «НИЦ Строительство», 2012, - 128с.
2. СНиП 2.04.02 – 84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. – М.. Стройиздат, 1985. – 136с.
3. Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты / В.Ф. Кожинов, 4-е изд., репринт. – М. : Бастет, 2008. – 303с.
4. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3т. Т.2 Очистка и кондиционирование природных вод; учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова, - изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552с.
5. Сомов М.А. Водоснабжение. Том 1. Системы забора, подачи и распределения воды. Учебник для вузов / М.А. Сомов, М.Г.Журба. – М. : Издательство АСВ, 2010. – 262с.
6. Журба М.Г. Водоснабжение. Том 2. Улучшение качества воды : Учебник для вузов. / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова. – М.: Издательство АСВ. 2010. – 544с.
7. СанПин 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль Качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2002. – 111с.
8. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб; справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев, - 8-е издание перераб. и доп. – М, : Бастет, 2007. – 349с.

Исходные данные для курсового проектирования

Таблица П.1

Показатели	Варианты																				
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1.Производительность тыс.м ³ /сут	90	20	30	50	170	80	150	90	120	80	56	50	100	40	35	75	15	25	30	95	30
2.Мутность исходной воды, мг/л	1200	70	300	1000	2500	1200	900	1050	2500	650	120	280	150	120	700	400	275	830	290	150	1150
3.Цветность, град. ПКШ	120	70	120	110	100	90	105	100	90	120	100	110	200	100	90	85	150	80	90	200	100
4.Жесткость общая/карбонат.	<u>3,5</u> 1,7	<u>4,2</u> 2,1	<u>5,3</u> 2,8	<u>4,7</u> 2,2	<u>4,9</u> 3,0	<u>6,1</u> 2,2	<u>5,2</u> 2,9	<u>3,8</u> 2,1	<u>3,0</u> 1,4	<u>2,9</u> 1,3	<u>4,3</u> 2,8	<u>4,7</u> 1,9	<u>5,1</u> 2,7	<u>4,5</u> 2,5	<u>3,8</u> 2,1	<u>4,6</u> 2,3	<u>5,4</u> 2,2	<u>3,8</u> 1,7	<u>3,4</u> 1,8	<u>5,2</u> 2,4	<u>3,3</u> 2,1
5.Вкус/запах	3/3	4/3	3/4	4/4	5/4	4/5	5/3	3/5	4/4	2/3	3/3	3/2	3/4	4/3	4/4	4/5	5/4	5/5	4/4	3/4	3/5
6.Планктон	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+
Способ обеззараживания	Б.О	Б.О	озон	хлор	хлор	озон	хлор	хлор	хлор	озон	Б.О.	озон	хлор	Б.О.	озон	хлор	Б.О.	озон	Б.О.	хлор	хлор
Отметка земли у РЧВ	105	93	87	69	113	118	321	279	338	67	95	165	159	211	225	283	189	134	128	356	268

Показатели	Варианты																			
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1. Производительность тыс.м ³ /сут	30	50	70	20	90	60	10	35	45	120	100	15	25	100	35	10	95	75	15	50
2. Мутность исходной воды, мг/л	1000	1200	120	90	1050	700	1200	750	290	150	90	1200	120	2500	1100	500	2500	150	290	1150
3. Цветность, град. ПКШ	100	120	110	100	105	95	120	90	110	200	120	100	105	90	85	70	105	200	120	110
4. Жесткость общая/карбонатная	<u>4,7</u> 2,8	<u>6,2</u> 3,2	<u>4,3</u> 2,1	<u>5,1</u> 2,5	<u>5,2</u> 3,1	<u>4,2</u> 2,0	<u>5,7</u> 3,2	<u>3,8</u> 1,5	<u>5,1</u> 2,6	<u>5,7</u> 2,8	<u>3,5</u> 1,8	<u>6,0</u> 3,8	<u>3,5</u> 1,7	<u>5,1</u> 2,8	<u>4,3</u> 3,1	<u>4,2</u> 2,0	<u>4,7</u> 3,0	<u>5,3</u> 3,5	<u>4,4</u> 1,4	<u>5,4</u> 3,0
5. Вкус/запах	3/5	4/4	2/3	3/2	3/3	4/4	4/3	3/3	4/4	3/4	4/3	3/3	5/4	4/3	4/4	4/3	3/4	4/4	4/3	3/4
6. Планктон	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
Способ обеззараживания	озон	хлор	хлор	озон	хлор	хлор	озон	Б.О.	озон	хлор	хлор	Б.О.	озон	хлор	Б.О.	Б.О.	хлор	озон	Б.О.	хлор
Отметка земли у РЧВ	221	320	250	235	180	130	150	98	79	110	322	117	95	355	128	137	173	156	192	245

Примечание: « + » - есть планктон, вызывающий цветение водоема.

« - » - планктона нет.

Оглавление.

Введение.....	3
1. Задание на выполнение курсового проекта.....	3
1.1. Задачи проекта.....	3
1.2. Объем и состав проекта.....	3
2. Выбор способа обработки воды и доз реагента.....	4
2.1. Анализ качества исходной воды и выбор методов ее обработки.....	4
2.2. Реагенты и их дозы.....	4
2.3. Состав очистных сооружений.....	6
3. Гидравлический расчет узлов сооружений по выбранной схеме очистки воды.....	7
3.1. Реагентное хозяйство.....	7
3.1.1. Сухое хранение реагентов.....	7
3.1.2. Мокрое хранение реагентов.....	9
3.2. Устройство для приготовления известкового молока.....	10
3.3. Аппараты для растворения и перемешивания реагентов.....	11
3.4. Дозирование реагентов.....	12
4. Проектирование сооружений для очистки воды.....	13
4.1. Смесители.....	13
4.2. Камеры хлопьеобразования.....	13
4.3. Отстойники.....	13
4.4. Осветлители со взвешенным осадком.....	14
4.5. Сооружения для осветления высокомутных вод.....	14
4.6. Скорые фильтры.....	14
4.7. Контактные осветлители.....	15
4.8. Медленные фильтры.....	15
4.9. Напорные фильтры.....	15
4.10. Микрофильтры.....	15
5. Установки для обеззараживания воды.....	16
6. Повторное использование промывных вод.....	17
7. Построение высотной схемы сооружения.....	18
8. Компоновка станции очистки воды.....	18
Библиографический список.....	19
Приложение.....	20

Водопроводные очистные сооружения

*Методические указания
к выполнению курсового проекта по очистке природных вод.
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»
профиля «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения.*

Составители: Бахметьева Любовь Кузьминична
Бахметьев Александр Викторович

Подписано в печать .10. 2021. Формат 60x84 1/16.
Уч.-изд. л. 1,5. Усл.-печ. л. 1,6. Бумага писчая.
Тираж 35 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14
Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский проспект, 14