**Введение**

Курсовой проект выполнен на основании задания на проектирование, в котором приведены исходные данные и вопросы, требующие разработки при проектировании.

Исходные данные:

– краткая характеристика объекта водоснабжения (число и состав водопотребителей, хозяйственно-производственная направленность);

– расположение потребителей воды на генеральном плане с отметками рельефа местности;

– планировка населенного пункта;

– требования, предъявляемые потребителями к качеству воды;

– данные об источниках водоснабжения, которые получают в результате гидрологических и топографических изысканий;

– природно-климатические условия;

– дополнительные данные, обусловленные местными факторами.

Разработка водопроводных очистных сооружений проведена в определенной последовательности. Первоначально определена полная производительность станции с учетом количества воды, идущего на собственные нужды станции (промывка фильтров, удаление осадка из отстойников и осветлителей со слоем взвешенного осадка). На основании показателей качества воды и полученной производительности станции водообработки производится выбор состава очистных сооружений. Следующим этапом является определение необходимых реагентов. При употреблении сжатого воздуха для ускорения растворения следует запроектировать воздуходувную станцию. После этого выбрано обеззараживание воды и рассчитаны необходимые сооружения. По окончании расчета реагентного хозяйства построена высотная схема очистных сооружений, затем высчитаны основные сооружения и компонованы станции водоочистки. В заключении приведен технико-экономический расчет.

**1. Определение расчетной производительности**

При определении расчетной производительности очистной станции, кроме заданной пропускной способности надо учитывать расход воды на собственные нужды станции, которые согласно п. 6.6 СНиП 2.04.02\* [2] составляет 10–14% полезной производительности (Qпол) для станции без повторного использования промывных вод.

Расчетная производительность очистной станции Qрасч, м3/сут, определяется по зависимости:

**Qрасч = Qпол**



Где Qпол – полезная производительность станции, м3/сут;

– коэффициент, учитывающий собственные нужды очистной станции.



Qрасч = = 7410 м3/сут.



Для удобства расчетов переводим Qрасч, м3/сут qчас, м3/ч qсек, л/сек.



Qрасч = 7410 / 24 = 308.75 (м3/час);

qчас = 308,75 / 3600 = 0,0857 (м3/сек);

qсек = 0.0857 \* 1000 = 85.76 (л/сек).

**2. Выбор метода и схемы очистки воды**

**2.1 Выбор метода очистки**

Метод улучшения качества воды (УКВ), состав сооружений, расчетные дозы реагентов определяются сравнением качества питьевой воды [1], местными условиями и расчетной производительностью станции (п. 6.2 [2]).

Для получения воды питьевого качества могут использоваться методы, получившие положительное гигиеническое заключение Минздрава РФ [2].

Для определения метода очистки воды заполним таблицу 1.

Таблица 1 – Анализ качества подлежащей обработке воды

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель качества воды | Исходная вода | Требования СанПин 2.1.4.1074 «Питьевая вода» | Рекомендуемый метод УКВ |
| Обобщенные показатели качества воды | | | |
| Мутность воды, М, мг/л | 140 | до 1,5 | Реагентное осветление воды |
| Цветность воды, Ц, град | 90 | до 20 | Обесцвечивание воды |
| Общая минерализация воды, Р, мг/л | 340 | до 1000 |  |
| Общая жесткость, Ж, мг-экв/л | 3,45 | до 7 |  |
| Величина рН, единицы рН | 7,3 | в пределах 6 – 9 |  |

По результатам анализа таблицы 1 исходную воду следует подвергнуть реагентному осветлению и обесцвечиванию, а также необходимо провести обеззараживание.

**2.2 Технологическая схема обработки воды**

Технологическая схема включает ***основные*** сооружения, обеспечивающие получение воды заданного качества и ***вспомогательные***, предназначенные для контроля и создания оптимальных условий эксплуатации выбранных ***сооружений***. Выбор основных сооружений ВОС выполняется по *таблице 15* [2], в зависимости от расчетной производительности, мутности и цветности воды.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Основные  сооружения | Условия применения | | Производ-ть  станции, м3/сут |
| Мутность, мг/л | Цветность, град |
| Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов | | | |
| 1. Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование):  а) напорные фильтры  б) открытые фильтры | до 30  до 20 | до 50  до50 | до 5000  до 50000 |
| 2. Вертикальные отстойники – скорые фильтры: | до 1500 | до 120 | до 5000 |
| 3. Горизонтальные отстойники – скорые фильтры |  |  |  |
| 4. Контактные префильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование) |  |  |  |
| 5. Осветлители с взвешенным осадком – скорые фильтры |  |  |  |
| 6. Две ступени отстойников – скорые фильтры |  |  |  |
| 7. Контактные осветлители |  |  |  |
| 8. Горизонтальные отстойники и осветлители с взвешенным осадком для частичного осветления воды |  |  |  |
| 9. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды |  |  |  |
| 10. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод |  |  |  |
| 11. Трубчатый отстойник и напорный фильтр (типа «Струя») |  |  |  |
| Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов | | | |
| 12. Крупнозернистые фильтры  для частичного осветления воды |  |  |  |
| 13. Радиальные отстойники для частичного осветления воды |  |  |  |
| 14. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка |  |  |  |

Для извлечения из воды крупных плавающих примесей следует использовать барабанные сетки. При содержании в обрабатываемой воде планктона свыше 1000 кг/мл следует устанавливать микрофильтры.

В проекте ***рекомендуется*** принимать универсальный реагентную схему осветления воды, включающую: **смеситель** → **осветлители** с взвешенным осадком **или отстойники** (горизонтальные, вертикальные) → **скорые фильтры**, блок-схема которой приведена на *рисунке 1*.

**2.3 Высотная схема очистной станции**

Высотная схема позволяет установить соотношение между уровнями воды во всех основных сооружениях очистной станции и определить необходимый напор насосной станции первого подъема (НС‑1). Движение воды по сооружениям станции предусматривается самотечное, а технологических стоков – самотечно-напорное. При выборе месторасположения сооружений и станции в целом необходимо максимально использовать естественный уклон местности.

Составление высотной схемы начинают с резервуара чистой воды (РВЧ), расположенного на территории ВОС, отметка воды в котором принимается ± 0,5 м относительно поверхности земли (см. задание). Отметки остальных сооружений определяют последовательным суммированием отметки волы в предыдущем сооружении и потерь напора в самих сооружениях и соединительных коммуникациях, ориентировочные значения которых принимаются по рекомендациям п. 6.219 [2] и затем уточняются расчетом.

Таблица 2 – Ориентировочные потери напора в сооружениях и коммуникациях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| В сооружениях | Потери напора, h, м | В коммуникациях | Потери напора, h, м |
| в гидравл. смесителях (С) | 0,5–0,6 |  |  |
|  |  | С→О | 0,3–0,4 |
| в осветлителях со вз. ос., отстойниках (О) | 0,7–0,8 |  |  |
|  |  | О→СФ | 0,5–0,6 |
| в скорых фильтрах (СФ) | 3–3,5 |  |  |
|  |  | СФ→РВЧ | 0,5–1,0 |

Высотная схема приводится в РПЗ проекта, на листе формата А4 или выносится на ватман (по заданию руководителя) и представлена на *рисунке 2*.

1

2

3

4

5

6

7

5,8-7,1

4,9-6,1

5,2-6,4

4,0-5,0

+0,5

ПЗ (0,0)

1 – подача исходной воды от НС-I; 2 – смеситель гидравлического типа; 3 – осветлитель с взвешенным осадком; 4 – скорый фильтр; 5 – резервуар чистой воды; 6 – ввод реагентов; 7 – подача воды потребителям.

ПЗ – отметка поверхности земли (см. задание).

**Рисунок 2** – Высотная схема водопроводной очистной станции (выполнена в относительных отметках).

**3. Расчет установок реагентного хозяйства**

Для осветления воды на ВОС предусматривается предварительная обработка воды коагулянтом и в зимнее время добавление флокулянта.

**3.1 Определение дозы реагентов для обработки воды**

*Необходимая доза коагулянта* определяется по таблице 16 [2] в зависимости от мутности воды в паводковый и меженный периоды. В качестве коагулянта применяется сернокислый алюминий – Al2(SO4)3 x 18 H3O.

Так как мутность воды М = 150 мг/м3, то доза коагулянта по мутности:

Дк = 35 мг/л.

Определяем дозу коагулянта по цветности:

Дк = = = 38.



Так как в исследуемой воде присутствует и цветность, и мутность, то выбираем наибольшую дозу коагулянта – 38 мг/л (по цветности).

*Необходимая доза подщелачивающих реагентов* определяется в зависимости от принятой дозы коагулянта по п. 6.19 [2]:

Дщ = Кщ х (Дк / ек – ЩО) + 1,

где Дщ – доза извести, мг/л;

Кщ – Коэффициент, равный для извести (по СаО) – 28;

Дк – доза коагулянта, мг/л;

ек – эквивалентная масса коагулянта (безводного) в мг/мг-экв., принимается для Al2(SO4)3 – 57;

Що – щелочность воды (карбонатная жесткость воды), мг-экв/л.

Дщ = 28 (38 / 57 – 3,49) + 1 = – 78,05

Так как получился отрицательный результат, то подщелачивание не требуется.

*Уточненная мутность воды Си, мг/л,* подлежащей осветлению с учетом ее реагентной обработки (с коагулянтом и известью вносятся дополнительные взвешенные вещества за счет недостаточной чистоты применяемых реагентов), определяется по п. 6.64 [2].

Си = М + Кк х Дк + 0,25Ц + Ви,

где М – количество взвешенных веществ в исходной воде, г/м3; принимается равным мутности воды;

Кк – коэффициент, принимаемый для очищенного сернокислого алюминия – 0,5, для неочищенного коагулянта – 1,2.

Ви – количество нерастворенных веществ, вводимых с известью, г/м3. Не требуется.

Си = 140 + 0,5 х 38 + 0,25 х 90 = 181,5 (мг/л);

**3.2 Хозяйство приготовления раствора коагулянта**

Коагулянт подается в обрабатываемую воду в виде раствора определенной концентрации, для чего в реагентном хозяйстве предусматриваются растворные (затворные), расходные баки и дозирующие устройства. Расчет растворных и расходных баков заключается в определении их емкости, подборе воздуходувок и диаметра воздуховодов [2].

*Объем растворного бака Wр, м3:*

Wp = (qрасч х n x Дк) / (10000 х х bp),



где qрасч – расчетная часовая производительность ВОС, м3/ч;

n – время полного цикла приготовления раствора коагулянта принимается по п. 6.22 [2] равной 10 часам;

Дк – максимальная доза коагулянта;

– объемная масса раствора коагулянта в растворном баке, %, принимаем 24% (для гранулированного коагулянта).



Wp = = 48.8 (м3).



Количество растворных баков надлежит принимать с учетом объема разовой поставки, способа доставки и разгрузки коагулянта, его вида, а также времени растворения (п. 6.22 [2]). Растворных баков должно быть не менее трех.

Конструктивно, растворные баки в нижней части следует проектировать с наклонными стенками под углом к горизонтали для неочищенного и – для очищенного коагулянта. Для опорожнения баков предусматриваются трубопроводы диаметром не менее 150 мм. При применении кускового коагулянта в баках устанавливаются съемные колосниковые решетки с прозорами 10–15 мм (п. 6.24).



Для ускорения процесса растворения рекомендуется использовать воду, подогретую до С. Схема растворного бака представлена на рисунке 3.



*Объем растворного бака W расх, м3* определяют по формуле:

Wрасх = (bp x Wp) / b,

где b – концентрация раствора коагулянта в расходном баке до 12%.

Wрасх = (0,24 \* 48.8) / 0,12 = 97.6 (м3).

1

2

3

4

5

6

7

8

9

d=150

1 – колосниковая решетка; 2 – коагулянт; 3, 4 – верхняя и нижняя распределительная система для подачи сжатого воздуха; 5 – поплавок; 6 – подача воды для растворения коагулянта (подогретой до С); 7 – подача сжатого воздуха; 8 – отбор раствора коагулянта; 9 – сброс осадка.



Рисунок 3 – Схема растворного бака

Количество расходных баков должно быть не менее двух (п. 6.2 [2]). Днища расходных баков имеют уклон не менее 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром не менее 100 мм. При применении неочищенного коагулянта забор раствора следует выполнять из верхнего слоя шлангом с поплавком.

Внутренняя поверхность баков (растворных и расходных) покрывается кислостойкими материалами (п. 6.27 [2]). Принимаем растворные и расходные баки кубической формы в плане, глубиной 0,6 – 0,25 м и определяем площади Fр и Fрасх, м.

Ускорение растворения коагулянта и перемешивание его в баках обеспечивается подачей сжатого воздуха с интенсивностью: для растворения р = 8 – 10 л/с\*м2, для перемешивания в расходных баках расх = 3 – 5 л/с\*м2 п. 6.23 [2], для чего в реагентном хозяйстве устанавливаются воздуходувки.



*Общее количество сжатого воздуха, Qвоз, л/с:*

Qвоз = Qвозр + Qвозрасх

Количество сжатого воздуха, необходимое для растворения коагулянта, Qвозр, л/с, определяем по формуле:

Qвозр = р х Fр



Количество сжатого воздуха, необходимое для перемешивания коагулянта, Qвозрасх, л/с, определяем по формуле:

Qвозрасх = расх х Fрасх



Распределение воздуха следует производить с использованием дырчатых труб из кислотостойких материалов (полиэтилен). ***Расчет*** распределительной системы *заключается* в подборе ***диаметров*** воздуховодов по расходу и скорости движения воздуха в трубах; ***подборе их перфорации***. Скорость движения воздуха в трубах принимается VВОЗ = 10–15 м/с. Скорость выхода воздуха из отверстий 20–30 м/с; диаметр отверстий 3–4 мм. Отверстия направлены вниз.

**3.3 Выбор дозирующих устройств**

Дозирование раствора коагулянта на ВОС предусматривается дозатором. Количество дозаторов принимается в зависимости от числа точек ввода и производительности дозатора, но ***не менее двух*** (один резервный).

Подбор насоса-дозатора выполняется по *таблице 6* в зависимости от расчетной его производительности, qН-Д, м3/ч, определяемой по формуле:

qН-Д = (QРАСЧ х ДК) / (РС х 24 х 1000),

где РС – содержание безводного продукта в товарном коагулянте в%. Принимается по паспорту коагулянта, для предварительных расчетов 33,5%.

qН-Д = (308.75 x 38) / (0.335 x 24 x 1000) = 1.46 (м3/ч)

Таблица 6 – Характеристика насосов-дозаторов типа НД

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Марка насоса-дозатора | | | |
| НД‑120/6 | НД‑400/6 | НД‑800/би | НД‑1200/би |
| Производительность (номинальная) в л/ч | 120 | 400 | 800 | 1200 |
| Мощность электродвигателя в кВт | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,7 |
| Размеры в мм  длина  ширина  высота | 680  272  540 | 840  300  634 | 847  300  634 | 875  319  672 |
| Вес дозатора с электродвигателем в кг | 78 | 108 | 115 | 135 |

***Реагенты*** следует вводить ***одновременно*** с вводом ***коагулянта в смеситель*** или трубопровод перед ним (п. 6.19 [2]).

**3.4 Приготовление известкового молока**

В качестве подщелачивающего реагента на станции осветления воды чаще всего применяется известь Са (ОН)2. Ввиду низкой растворимости извести, на станции готовится ***известковое молоко*** концентрацией до 5%, для чего в реагентном хозяйстве устанавливается ***сатуратор***.

Расчет сатуратора заключается в определении его производительности и габаритных размеров.

***Производительность сатуратора qСАТ, м3/ч*** определяется по формуле:

qСАТ = qСаО / ССаО,

где qСаО – количество вводимого СаО, г;

ССаО – содержание СаО в насыщенном растворе, г/м3, принимается для предварительных расчетов 15%.

**3.5 Расчет складских помещений реагентного хозяйства**

На ВОС применяется ***сухое*** и ***мокрое*** складирование. Сухое складирование надлежит производить в закрытых складах, примыкающих к помещению, где устанавливаются баки для приготовления раствора коагулянта.

При мокром хранении коагулянта емкость баков и их количество определяется согласно п. 6.205, 6.206 [2].

***Сухое складирование реагентов***. Площадь склада для ***коагулянта*** FКОАГ, в м2 определяем по формуле:

FКОАГ = (QРАСЧ х ДК х Т х α) / (10000 х GО х РС х hК),

где Т – продолжительность хранения коагулянта на складе, сут., Т=15–30 дней (п. 6.202 [2]);

α – коэффициент для учета дополнительной площадки для проходов на складе, равный 1,15;

GО – объемная масса коагулянта при загрузке склада навалом 1,1 т/м3;

hК – допустимая высота слоя коагулянта на складе, hК=2 м (п. 6.204 [2]);

РС – содержание безводного продукта в коагулянте, для неочищенного Al2(SO4)3, РС=33,5%.

FКОАГ = (308.75 х 38 х 30 х 1,15) / (10000 х 1,1 х 0,335 х 2) = 404771.25/ 7370 = 54.92 (м2)

Площадь склада для ***извести FИЗВ*** в м2 определяется по формуле:

FИЗВ = (QРАСЧ х ДИЗВ х Т х α) / (10000 х GОИЗВ х РСИЗВ х hКИЗВ),

ДИЗВ – максимальная доза для подщелачивания воды, г/м3;

GОИЗВ – объемная масса извести при загрузке 1 т/м3;

РСИЗВ – содержание безводного продукта в товарной извести, 15%;

hКИЗВ – допустимая высота слоя извести в м, hКИЗВ=1,5 м (п. 6.204 [2]).

Т.к. подщелачивание не требуется, то склад для извести не нужен.

**4. Обеззараживание воды**

Обеззараживание воды на станции осветления предусматривается хлором, который поставляется в стальных баллонах вместимостью до 100 кг жидкого хлора.

***Расчет хлораторной установки*** заключается в определении ***доз*** активного ***хлора*** ДСl, мг/л; ***точек*** ***ввода*** хлора и их количества; ***подборе*** дозирующих устройств (***хлораторов***).

Принимается обеззараживание воды ***двойным хлорированием: первичное*** ДСlI=5–8 мг/л (хлор вводится в нижнюю часть смесителя) и ***вторичное*** ДСlII= 2–3 мг/л (хлор вводится в трубопровод перед резервуаром чистой воды). Хлорагенты вводятся в воду за 1–3 мин до ввода коагулянта (п. 6.18 [2]).

Необходимый ***расход хлора*** QСl, кг/сут (кг/ч) определяется как сумма расходов для первичного QСlI, кг/сут и вторичногоQСlII, кг/сут хлорирования:

QСl = QСlI + QСlII,

QСlI = (QРАСЧ + ДСlI) / 1000,

QСlII = (QРАСЧ + ДСlII) / 1000.

QСlI = (308.75+ 8) / 1000 = 0.316 (кг/сут),

QСlII = (308,75 + 3) / 1000 = 0,312 (кг/сут),

QСl = 0,316 + 0,312 = 0,628 (кг/сут).

Для дозирования хлора в зависимости от необходимого его количества применяются ***хлораторы***:

**Системы Л.А. Кульского**

**ЛК‑10** с расходом хлора 40–800 г./ч;

**ЛК‑11** с расходом хлора 0,5–4,5 кг/ч;

**системы ЛОНИИ‑100** двух модификаций: 0,08–2,05 и 1,28–20 кг/ч.

При расходе хлора 0,628 кг/сут можно взять хлоратор Кульского ЛК‑11 или хлоратор системы ЛОНИИ‑100 модификации 0,08–2,05 кг/ч.

Количество хлораторов должно быть не менее двух. При количестве до двух рабочих хлораторов применяется один резервный, при более двух – два резервных. Для повышения надежности обеззараживания ***рекомендуется*** дозирование хлора проводить ***раздельно*** на каждое место ввода.

Установка хлораторов производится в специальном помещении хлораторной, где по числу хлораторов устанавливаются и промежуточные баллоны для задерживания загрязнений пред поступлением хлорного газа в хлоратор из баллонов. Съем газообразного хлора S, кг/ч, без подогрева баллонов, при температуре 18˚С, принимают 0,5–0,7 кг/ч с одного баллона, при искусственном подогреве можно эту величину увеличить до 3 кг/ч.

К каждой группе хлораторов необходимо подключить nБАЛ, шт. баллонов соответственно

nIБАЛ = qClI / S,

nIIБАЛ = qCII/ S,

где qClI и qCII - необходимый часовой расход хлора для первичного и вторичного хлорирования соответственно, кг/ч.

nIБАЛ = 0,356 / 0,628 = 1 (шт.)

nIIБАЛ = 0,350 / 0,628 = 1 (шт.)

Суточная потребность в баллонах NСУТ, шт.

NСУТ = QCl/ М,

где М – вместимость баллонов с жидким хлором, кг.

NСУТ = 0,628 / 100 = 63 (шт.)

Месячный запас хлора NБ, шт. хранится в расходном складе и определяется

NБ = NСУТ х 30.

NБ = 63 \* 30 = 1890 (шт.)

В помещении хлораторной хранятся резервные баллоны, число которых составляет не менее 50% суточной потребности. При суточной потребности в три баллона и более в хлораторной располагается промежуточный склад хлора для хранения трехсуточного запаса.

При устройстве хлораторной необходимо выполнение определенных требований по технике безопасности, предусмотренных п. 6.148 – 6.156 [2]. Для обеспечения безопасности хлораторные располагаются на первом этаже с двумя выходами наружу. В хлораторных необходима установка вентилятора, рассчитанного на 12‑кратный обмен воздуха в час. Перед хлораторной необходим тамбур, где хранятся спецодежда и противогазы, а также монтируются выключатели для вентиляции и освещения. Электроосвещение предусматривается герметичной аппаратурой.

**5. Расчет вихревого смесителя**

Для равномерного распределения реагентов в массе обрабатываемой воды и быстрого их перемешивания принимаем ***вертикальный*** (вихревой) ***смеситель*** гидравлического типа.



2

3

4

5

6

7

8

VВ

VОТВ

VН

ВВ

α

1 – корпус смесителя; 2 – отверстия сборного лотка; 3 – сборный лоток; 4 – боковой карман; 5 – подача воды в смеситель; 6 – ввод реагентов в смеситель; 7 – отводящий трубопровод; 8 – сброс в канализацию.

**Рисунок 4** – Схема вихревого смесителя

Расчет вихревого смесителя заключается в определении его габаритных размеров; расчете водосборной системы (перфорация сборных лотков); в определении диаметров проводящего и отводящего трубопроводов.

**5.1 Определение габаритных размеров смесителя**

Смеситель принимается квадратным в плане, с прямоугольной верхней частью (успокоителем) и пирамидальной нижней. Центральный угол между наклонными стенками α=30–45˚(п. 6.45 [2]).

Количество смесителей следует принимать один при суточной производительности станции ***до 8000 м3/сут***, и ***два*** свыше.

*Площадь горизонтального сечения верхней части смесителя ƒВ, м2* определяется по зависимости:

ƒВ = qЧ / VВ,

где qЧ - расчетный часовой расход станции осветления воды, м3/ч;

VВ – скорость восходящего потока на уровне водосборного лотка, принимается по [2] 28–40 мм/с (90–144 м/ч).

ƒВ = 308.75/ 100 = 3,09 (м2)

***Сторона верхней части смесителя ВВ, м*** определяется через площадь

ВВ = ƒВ0,5,

ВВ = = 1.76 (м)



***Площади нижнего сечения смесителя ƒН, м2*** определяется по внешнему диаметру подводящего осветляемую воду трубопровода ДН, мм (ДН=ВН).

По расчетному секундному расходу qС, л/с и рекомендуемой п. 6.45 [2] скорости движения VН, м/с по [4], подбирается диаметр подающего в смеситель трубопровода Д, мм. Следует принимать стальной трубопровод.

Таблица 7 – Наружный диаметр стальных труб в мм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д | 50 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 |
| ДН | 66 | 98 | 118 | 170 | 222 | 274 | 326 | 378 | 429 | 480 | 532 | 635 |

Подводящая труба встраивается в нижнюю пирамидальную часть смесителя и ***площадь нижнего сечения, ƒН, м2,*** можно вычислить по формуле:

ƒН = (ДН)2 = (ВН)2.

ƒН = 0,3782 = 0,14 (м2)

***Полная высота смесителя Н, м*** включает

Н = hН + hВ

***Высота нижней (пирамидальной) части смесителя hН, м*** определяется

hН = 0,5 х (ВВ – ВН) х ctg (α/2),

hН = 0,5 х (1,76 – 0,378) х 2,605 = 1,8 (м)

тогда можно определить ***объем пирамидальной*** части смесителя WН, м3

WН = 0,33 х hН х (ƒВ + ƒН).

WН = 0,33 х 1.8 х (3,09 + 0,14) = 1.92 (м3)

***Полный объем*** смесителя W, м3 определяется из гидравлической зависимости:

W = (qЧ х t) / 60,

где t – продолжительность смешения реагентов с осветляемой водой, принимается 1,5–2,0 мин.

W = (308,75 х 1,5) / 60 = 7.72 (м3)

***Объем верхней*** части смесителя WН, м3

WВ = W – WН.

WВ = 7.72 – 1.92 = 5.8 (м3)

***Высота верхней части смесителя hВ, м*** составляет

hВ = WВ / ƒВ.

hВ = 5.8 / 3.09 = 1.87 (м)

**5.2 Расчет сборной системы смесителя**

Сбор воды производится в верхней части смесителя сборным лотком через затопленные отверстия. Вода, протекающая по лотку двумя потоками, собирается в боковой сборный карман и по отводному трубопроводу отводится на дальнейшую очистку.

***Площадь живого сечения сборного лотка ωЛ, м2*** вычисляется

ωЛ = qЛ / (VЛ х 3600),

где qЛ – расчетный расход каждого потока воды, м3/ч,

VЛ – скорость движения воды в периферийном сбросном лотке, принимается по рекомендации п. 6.45 [2] равной 0,4–0,6 м/с.

qЛ = 0,5 х qЧ;

qЛ = 0,5 х 308,75 = 154.375 (м3/ч)

ωЛ = 154,375 / (0,6 х 3600) = 0.071 (м2)

***Расчетная высота слоя воды hЛ,******м*** при принятой bЛ = 0,27 м, будет

hЛ = ωЛ / bЛ.

hЛ = 0,071 / 0,27 = 0,26 (м)

Сборный ***лоток*** выполняется ***с уклоном дна*** в сторону бокового кармана ***не менее 0,02***. ***Размеры*** сборного бокового ***кармана*** принимаются ***конструктивно*** с учетом того, что в нижней части его размещают отводящую трубу.

Диаметр отводящей трубы ДОТВ, м определяется по qС л/с и скорости движения воды в трубопроводе **VОТВ=0,6–1,0 м/с** (п. 6.49 [2]) по формуле (или по [4])

ДОТВ = м/с



ДОТВ = = 1,11 (м)



**6. Расчет коридорного осветлителя**

Коридорный осветлитель, как и отстойник, предназначен для предварительного выделения коагулированных взвешенных веществ из воды.

***Расчет*** осветлителей выполняется с учетом годовых колебаний качества воды ***для двух периодов*** (п. 6.78 [2]):

– ***минимальной мутности*** осветляемой воды при ***минимальном расходе*** (в зимний период);

– ***максимальной мутности*** воды и ***максимальном расходе*** (в летний период).

***Расчет*** осветлителя ***включает*** определение его ***габаритных*** ***размеров***; расчет ***подводящих*** и ***отводящих*** ***систем***; системы принудительного ***отвода*** ***осадка*** ***в*** ***зону*** ***шламонакопления***; шламоотводящей системы.

Минимальное количество осветлителей принимают два, причем площадь одного не должна превышать 100–150 м2. При числе осветлителей менее 6‑ти следует предусматривать один резервный.

**6.1 Определение размеров осветлителя**

Площадь одного осветлителя включает в себя площадь двух коридоров осветления и расположенного между ними осадкоуплотнителя.

Площадь осветлителя F, м2, определяется по формуле:

F = FОСВ + FОТД,

где FОСВ, FОТД - площади зоны осветления и отделения осадка соответственно, м2, определяются п. 6.78 [2]

FОСВ = (КР.В х qЧ) / (3,6 х VОСВ),

FОТД = qЧ х (1 – КР.В) / (3,6 х VОСВ),

где КР. В-коэффициент распределения воды между зонами осветления и отделения осадка, определяется по *таблице 8* для зимы и лета;

VОСВ – скорость восходящего потока в зоне осветления в мм/с, принимается по *таблице 8* для зимы и лета.

Таблица 8. Расчетные параметры коридорного осветлителя

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Мутность воды, поступающей в осветлитель, мг/л | Скорость восходящего потока в зоне осветления VОСВ, мм/с | | Коэффициент распределения воды, КР. В |
| в зимний период | в летний период |
| от 50–100 | 0,5–0,6 | 0,7–0,8 | 0,70–0,80 |
| 100–400 | 0,6–0,8 | 0,8–1,0 | 0,80–0,70 |
| 400–1000 | 0,8–1,0 | 1,0–1,1 | 0,70–0,65 |
| 1000–1500 | 1,0–1,2 | 1,1–1,2 | 0,64–0,60 |

Так как мутность воды, поступающей в осветлитель имеет 150 мг/л, то скорость восходящего потока в зоне осветления равна 1, о мм/с, а коэффициент распределения воды – 0,75.

FОСВ = (0,75 х 308,75) / (3,6 х 1) = 64.32 (м2)

FОТД = 308,75 х (1 – 0,75) / (3,6 х 1) = 21.44 (м2)

F = 64.32 + 21.44 = 85.76 (м2)

***Площадь каждого из двух коридоров осветления ƒК, м2***

ƒК = FОСВ / (n х 2),

где n – количество рабочих осветлителей, шт., (следует согласовывать с типовыми проектами ВОС).

Так как площадь одного осветлителя не должна превышать 100 – 150 м2, то принимаем 1 осветлитель.

ƒК = 64.32 / (1 х 2) = 32.16 (м2)

***Площадь осадкоуплотнителя ƒО.У, м2***

ƒО.У = FОТД / n.

ƒО.У = 21.44 / 1 = 21.44 (м2)

***Ширину коридора*** осветлителя принимаем в соответствии с размерами балок, тогда ***длина коридора***

ℓК = ƒК / 2,6.

ℓК = 32,16 / 2,6 = 12.36 (м)

***Ширина осадкоуплотнителя*** выше окон для приема осадка bО. У, м определяется:

bО.У = ƒО.У / ℓК.

bО.У = 21.44 / 12.36 = 1,73 (м)

**6.2 Расчет водосборных желобов**

Вода из каждой зоны осветления собирается желобами прямоугольного сечения (п. 6.84 [2]), расположенными в верхней части зоны, по боковым стенкам коридоров (по два желоба на каждый коридор).

***Расход воды на каждый желоб qЖ, м3/ч*** составляет

qЖ = КР.В (qЧ / n) / (nК х nЖ),

где nК – количество коридоров в осветлителе, 2 шт.;

nЖ – количество желобов в одном коридоре, 2 шт.

qЖ = 0,75 х (308,75 / 1) / (2х2) = 57.89 (м3/ч)

***Площадь сечения желоба ƒЖ, м2***

ƒЖ = qЖ / VЖ,

где VЖ – скорость движения воды в желобах, принимается 0,5–0,6 м/с [2].

VЖ = 0,5 \* 3600 = 1800 (м/ч)

ƒЖ = 57.89 / 1800 = 0,0322 (м2)

**Задаваясь** высотой желоба hЖ = 0,04–0,06 м (п. 6.84 [2]), **определяем** его ширину

bЖ = ƒЖ / hЖ, м.

bЖ = 0,03 / 0,05 = 0,64 (м)

Желоба предусматриваются с треугольными водосливами, расстояние между осями которых принимается 100–150 мм.

**6.3 Расчет осадкоприемных окон**

Избыточное количество взвешенного осадка поступает в осадкоуплотнитель через осадкоприемные окна.

***Площадь осадкоприемных окон ƒОК, м2*** рассчитывается по общему расходу воды поступающей с избыточным осадком в осадкоуплотнитель.

qОС = (1 – КР.В) х qРАСЧ,

где qРАСЧ – расчетный расход на один осветлитель, м3/ч;

qРАСЧ = qЧ / n,

qРАСЧ = 308,75 / 1 = 308,75 (м3/ч)

qОС = (1 – 0,75) х 308,75 = 77.18 (м2)

С каждой стороны в осадклуплотнитель будет поступать qОК, м3/ч,

qОК = qОС / 2.

qОК = 77.18 / 2 = 38.59 (м3/ч)

Площадь окон с каждой стороны осадкоуплотнителя ƒОК, м2

ƒОК **=** qОК / VОК,

где VОК – скорость движения воды с осадком в окнах, принимается равной с 10–15 мм/с (36–54 м/ч) в соответствии с п. 6.83 [2].

ƒОК **=** 38.59 / 50 = 0,77 (м2)

Высота окон hОК = 0,2 м, тогда общая их длина с каждой стороны осадкоуплотнителя

ℓОК = ƒОК / 0,2 м.

ℓОК = 0,77 / 0,2 = 3.85 (м)

Устраиваем с каждой стороны по 10 окон, с расстоянием между ними 0,4–0,5 м.

**6.4 Определение высоты осветлителя**

Высота осветлителя считается от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов НОСВ, м

НОСВ = (bК – 2 х bЖ) / 2 х tg 0,5 α,

где α – центральный угол, образованный прямыми, проведенными от оси водораспределительного коллектора к верхним точкам кромок водосборных желобов, должен быть **не более 30**˚.

НОСВ = (2.6 – 2 х 0,64) / 2 х 0,2679 = 1,98 (м)

***Высота пирамидальной части*** осветлителя hПИР, м

hПИР = (bК – а) / 2 tg 0,5 α1,

где а – ширина коридора по низу, м, принимается 0,4 м;

α1 - центральный угол наклона стенок коридора к горизонтали, α1 = 60–70˚.

hПИР = (2,6 – 0,4) / 2 х 0,6249 = 1,76 (м)

***Высота вертикальных стенок*** hВЕРТ, м осветлителя в пределах взвешенного слоя должна быть не менее 1–1,5 м.

hВЕРТ = НОСВ - hЗАЩ - hОК - hПИР,

где hЗАЩ - высота защитного слоя над перепускными окнами; принимается 1,5 м для мутных и 2 м для цветных вод.

hВЕРТ = 1.98 – 2 – 0,2 – 1,76 = 1,9 (м)

Если hВЕРТ ***не вошла в пределы*** 1–1,5 м, надо ***изменить высоту осветлителя*** НОСВ, изменив угол α.

Общая высота зоны взвешенного осадка hВ. О, м, должна находиться в пределах 2–2,5 м и определяется из соотношения:

hВ.О = hВЕРТ + 0,5 х hПИР.

hВ.О = 1,9 + 0,5 х 1,76 = 2,78 (м)

**6.5 Расчет осадкоуплотнителя**

Расчет заключается в определении ***необходимого объема*** осадкоуплотнителя ***W, м3***, продолжительности уплотнения осадка ***Т***, ч и ***расчете шламоотводящих труб***.

***Рабочий объем осадкоуплотнителя W, м3*** при одной трубе

W ***=*** ℓКОР х [bО.У х hВЕРТ + (0,5 х hПИР х bО.У / 2)].

W ***=*** 12.36 х [1,73 х 1,9 + (0,5 х 1,76 х 1,73 / 2)] = 41.38 (м3)

***Время накопления осадка Т, ч***

Т = W х δСР / qОС,

где qОС - количество взвешенных веществ, поступающих в осадкоуплотнитель, кг/ч

qОС = 1000 кг/ч

Средняя концентрация взвешенных веществ принимается 24 кг/м3

Т = 41.38 х 24 / 1000 = 0.99 (ч)

Дырчатые трубы для удаления осадка (шлама) располагаются по продольной оси дна, где сходятся наклонные стенки осадкоуплотнителя.

***Диаметр шламоотводящих труб dШ***, мм рассчитывается из условия отведения накопившегося осадка не более, чем за t =15–20 мин, при скорости осадка в конце трубы VШ не менее 1 м/с и в отверстиях VШОТВ не более 3 м/с. (п. 6.87 [2]).

Через каждую шламовую трубу должен ***обеспечиваться пропуск*** расхода ***qОС1, м3/ч*** за расчетное время

qОС1 = W / (nОС х t) → k/c → м3/c

где nОС - количество осадкоотводящих труб, шт., принимается 1 или 2 в зависимости от ширины осадконакопителя.

qОС1 = 41.38 / (1 х 0,25) = 165.52 (м3/ч)0,0459 м3/с



По расходу qОС1 и скорости в трубе, по таблицам [4], подбирается dШ, мм, причем диаметр шламоотводящих труб должен быть не менее 150 мм.

***Площадь отверстий шламовой трубы ƒОШ, м2***

ƒОШ = qОС1 / VШОТВ

ƒОШ = 0,0459 / 3 = 0,015 (м2)

***Принимаем*** диаметр отверстий dШОТВ не менее 20 мм, определяем ***площадь одного отверстия ƒОШ1, м2 и количество отверстий*** nОШ, шт.

nОШ = ƒОШ / ƒОШ1.

***Шаг отверстий*** ℓ2 = ℓК / nОШ, м не должен быть более 0,5 м.

**7. Расчет скорого фильтра**

Для получения воды питьевого качества, отвечающей требованиям [1], на ВОС предусматриваются скорые фильтры (СФ) открытого типа с зернистой загрузкой и скоростью фильтрования VФ = 5–12 м/ч (рисунок 6).

***Расчет*** фильтра ***выполняется в соответствии*** с указаниями [2]. ***Заключается*** в ***определении*** габаритных размеров фильтра, их количества; ***расчете верхней*** (сборных желобов) и ***нижней*** дренажной (сборно-распределительной) систем; ***вычислении*** потерь напора в фильтре при промывке.

Фильтры ***рассчитываются*** на работу при ***нормальном*** и ***форсированном*** (часть фильтров находится в ремонте при промывке) ***режимах***. При количестве фильтров до 20, возможен вывод на ремонт только одного фильтра.

При производительности ВОС ***более 1600 м3/сут***, количество фильтров N, шт. должно быть ***не менее 4‑х***; при QРАСЧ ***более 8000–10000 м3/сут*** количество фильтров ***определяется расчетом*** п. 6.99 [2].

Тип и основные технические характеристики фильтра выбирают по [2, таблице 21] и заносят в *таблицу 11*.

Таблица 11 – Характеристика выбранного фильтра

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип фильтра | Характеристика фильтрующего слоя | | | | | | Скорость фильтрования при разных режимах работы, м/ч | |
| Материал загрузки | Диаметр зерен, мм | | | Коэфф.неод-ти, Кн | Высота слоя, Нф, м | Нормальный | Форсированный |
| min | max | экв. |
| Выписываются выбранные параметры из *таблицы 21* | | | | | | | | |

Фильтрующая загрузка в скорых фильтрах располагается на ***поддерживающем*** ***слое***, в котором ***укладывается распределительная система*** большого сопротивления. Крупность фракций и высота поддерживающих слоев принимается по таблице 12 (п. 6.104 [2]).Общая высота поддерживающего слоя обычно не превышает 500 мм, с крупностью зерен в верхнем слое 5–2 мм.

Таблица 12 – Конструкция поддерживающего слоя

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Крупность зерен, мм | Высота слоя, мм | Примечание |
| 40–20 | Верхняя граница слоя должна быть на уровне верха распределительной трубы, но не менее чем на 100 мм выше отверстий дренажной системы | В таблице представлена последовательность засыпки слоев снизу вверх |
| 20–10 | 100–150 |
| 10–5 | 100–150 |
| 5–2 | 50–100 |

Для зернистой загрузки скорых фильтров используются кварцевый песок, дробленый керамзит и другие материалы, обеспечивающие технологический процесс и обладающие химической стойкостью и механической прочностью.

**7.1 Определение размеров фильтра**

***Общая площадь фильтрации FФ, м2***вычисляется по формуле (п. 6.98 [2])

FФ = QРАСЧ / (ТСТ х VФ – 3,6 х n х ω х t1 – n x t2 x VФ),

где ТСТ - продолжительность работы станции в течение суток, ч, принимаем круглосуточную работу ВОС т.е. ТСТ =24 ч;

VФ - расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимается (*таблица 11*);

n – число промывок каждого фильтра в сутки (п. 6.97);

ω – интенсивность промывки, л/(с х м2);

t1 – принятая продолжительность промывки, ч;

t2 – время простоя фильтра при промывке, принимается в соответствии с п. 6.98 [2] 0,33 ч.

***Интенсивность*** промывки ω, л/(с х м2) и ее ***продолжительность*** t1, ч ***принимается*** по *таблице 13* в соответствии с выбранным типом фильтра.

Таблица 13 – Параметры промывки скорого фильтра

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип фильтра и его загрузки | Интенсивность промывки, ω, л/(с х м2) | Продолжительность промывки, t1, ч | Величина относительного расширения загрузки, е, % |
| СФ с однослойной загрузкой Д, мм:  0,7–0,8  0,8–1,0  1,0–1,2 | 12–14  14–16  16–18 | 6–5 | 45  30  25 |
| СФ с двухслойной загрузкой | 16–18 | 7–6 | 50 |

FФ = 7410 / (24 х 6 – 3,6 х 2 х 12,5 х 0,1 – 2 х 0,33 х 6) = 55,71 (м2)

Площадь одного фильтра, ƒ, м2 определяется

ƒ = FФ / N.

N = 0,5 = 0,5= 4



ƒ = 55,72 / 4 = 13,93 (м2)

По величине ƒ, м2 определяются размеры фильтра (***ширина b, м и длина а, м***), которые согласовываются с соответствующим типовым проектом ВОС. ***Фильтры*** проектируются ***прямоугольными*** (квадратными) в плане.

b = 13.93 / 4 = 3.48 (м)

При ***площади*** фильтра ***менее*** ***40*** ***м2*** принимают конструкцию фильтров с ***боковым карманом***, при ***большей*** площади – рекомендуется проектировать фильтры с ***центральным*** распределительным карманом.

**7.2 Расчет дренажной распределительной системы**

В проектируемом фильтре проектируется ***трубчатая распределительная (дренажная) система большого сопротивления*** с выходом воды в поддерживающие слои. ***Предназначена*** для равномерного ***распределения*** промывной воды по площади фильтрующей загрузки при промывке и равномерного сбора профильтрованной воды. Выполняется система из ***стальных*** или ***полиэтиленовых*** ***труб***.

1

2

3

b

250-350

250-350

250-350

1 – центральная распределительная труба (коллектор); 2 – дырчатые ответвления; 3 – отверстия распределительной системы.

**Рисунок 7** – Схема дренажной распределительной системы

Дренажная ***система*** ***состоит*** из центрального распределительного ***коллектора*** и ***дырчатых*** ***ответвлений***. ***Расчет*** системы заключается в ***подборе*** ***диаметров*** распределительных ***труб*** и расчете их ***перфорации***.

***Рассчитывается*** система ***на пропуск*** воды, необходимой для промывки одного фильтра ***qПР, л/с***

qПР = ƒ х ω, → м3/с,

qПР =13,93 х 12,5 = 174,13 (л/с)0,174 м3/с



***Диаметр центрального коллектора ДКОЛ***, мм определяется

ДКОЛ =



где VК - скорость движения воды в коллекторе, м/с принимается 1,0–1,5 м/с;

ДКОЛ = = 1,77 (м)



По *таблице 7* выписываем соответствующий наружный диаметр коллектора ДКОЛН, мм, тогда ***длина*** ***одного*** ***ответвления*** ***ℓОТ, м*** будет

ℓОТ = 0,5 х (b – ДКОЛН).

ℓОТ = 0,5 х (3,48 – 1,77) = 0,86 (м)

***Площадь фильтра***, приходящаяся ***на одно ответвление ƒОТВ, м2*** определяется

ƒОТВ = 0,5 х (b – ДКОЛН) х m,

где m – расстояние между ответвлениями, м принимается по п. 6.105 [2] в пределах 0,25–0,35 м.

ƒОТВ = 0,5 х (3,48 – 1,77) х 0,3 = 0,26 (м)

***Количество ответвлений NОТВ, шт.*** составляет

NОТВ = FФ / ƒОТВ,

NОТВ = 55,72 / 0,26 = 214 (шт.)

Полученная величина ***округляется до четного целого*** числа т. к. ***ответвления*** располагаются ***с двух сторон*** центрального коллектора.

***Расход промывной воды***, поступающей в фильтр через ***одно ответвление qОТВ, л/с*** составляет

qОТВ = ƒОТВ х ω.

qОТВ = 0,26 х 12,5 = 3,25

***Скорость*** движения ***в ответвлениях***, по рекомендации п. 6.106 [2], ***не должна превышать*** VОТВ = 1,5–2,0 м/с. По скорости VОТВ, м/с и расходу qОТВ, л/с по [4] подбираем соответствующий ***диаметр ответвлений dОТВ, мм***.

***Перфорация*** дренажной ***системы*** рассчитывается ***с соблюдением рекомендаций*** п. 6.105 [2]:

– диаметр отверстий dО, мм (принимаются 10–12 мм);

– общая площадь отверстий должна составлять 0,25–0,50% от FФ, м2;

– отверстия располагаются ***в нижней части*** ответвлений в ***два ряда*** в ***шахматном*** порядке под углом ***45˚ к вертикали***.

***Общая площадь всех отверстий ∑ƒО, м2*** составляет

∑ƒО = (0,5 – 0,25) х FФ / 100

∑ƒО = (0,5 – 0,25) х 55,72 / 100 = 0,14 (м2)

***Задавшись dО, мм,*** определяется ***площадь*** одного ***отверстия*** ƒО, м2, ***общее количество отверстий*** NО = ∑ƒО / ƒО, шт. и ***количество отверстий***, приходящееся ***на одно ответвление*** NО1 = NО / NОТВ, шт.

***Правильность*** выполнения расчетов ***контролируется*** определением ***расстояния между двумя отверстиями*** на ответвлениях, которое должно быть в пределах ***150–200 мм*** и проверкой ***соотношений перфорации***.

**Список литературы**

1 СанПиН 2.1.4.1074 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. // Российская газета. – 2001 – 11 – 14 – с. 11–15

2 СНиП 2.04.02–84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Р. – М.: ГУП ЦПП Госстрой России, 2000

3 Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды: Примеры и расчеты. – М.: Стройиздат, 1971.

4 Пурас Г.Н., Пономаренко М.И., Иванова М.Т. и др. Системы водоснабжения и водоотведения сельских поселений. Водоснабжение/ Справочное пособие. Часть II. Гидравлический расчет водопроводных труб – Новочеркасск, НГМА. 2003.

5 Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995.

6 Смагин В.Н., Небольсина К.А., Белякова В.М. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственному водоснабжению. – М.: Агропромиздат. – 1990.