

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю.А. Свистунов
А.В. Симоненко

ТЕХНОЛОГИЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

**Методические указания к выполнению курсового
проекта**

проектирование и расчет комплекса водопроводных
очистных сооружений

Краснодар
2007

ВВЕДЕНИЕ

Работа выполняется согласно заданию и включает в себя следующие разделы: определение полной производительности станции водоочистки с учетом собственных нужд; выбор состава очистных сооружений на основании показателей качества исходной воды и полезной производительности; определение необходимых доз реагентов и расчет реагентного хозяйства; расчет сооружений для очистки воды; компоновка станции водоочистки; составление высотной схемы и плана очистных сооружений.

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах и должна содержать следующие разделы:

- оглавление;
- введение, где дается краткая характеристика источнику водоснабжения;
- расчетная часть, в которой производится выбор состава очистных сооружений и определение их параметров;
- высотная схема очистных сооружений;
- список литературы.

Разработка водопроводных очистных сооружений ведется в определенной последовательности. Первоначально определяется 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 исходной воды и полученной производительности станции водообработки производится выбор состава очистных сооружений.

Следующим этапом будет определение необходимых реагентов. При употреблении сжатого воздуха для ускорения растворения следует запроектировать воздуходушную станцию. Аналогично производится расчет подщелачивающих реагентов, если это необходимо.

После этого выбирается обеззараживание воды и рассчитываются необходимые сооружения.

По окончании расчета реагентного хозяйства необходимо построить высотную схему очистных сооружений, затем высчитать основные сооружения и приступить к компоновке станции водоочистки.

1. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИСХОДНОЙ ВОДЫ

1.1 Анализ исходной воды

Для подавляющего большинства природных вод общее солесодержание достаточно точно определяется катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионами HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Остальные ионы обычно присутствуют в очень незначительных количествах, но могут существенно влиять на свойства и качества воды.

Вода электронейтральна, поэтому суммы концентраций катионов и анионов, выраженные мг*эquiv/л, равны. Учитывая преобладание в природных водах перечисленных семи ионов можно записать:



Соотношение содержания отдельных ионов в природной воде зависит от общего солесодержания. Маломинерализованные воды рек и пресные артезианские воды содержат преимущественно катионы кальция и гидрокарбонат ионы. По мере повышения минерализации содержание Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- в воде увеличивается. *Суммарная концентрация катионов кальция и магния, выраженная в мг*эquiv/л, определяет общую жесткость.*

Данные анализов ионного состава воды удобно изображать графически. Для этого в определенном масштабе на двух параллельных соприкасающихся полосах в порядке, указанном на рис.1, откладывают концентрации катионов и анионов в мг*эquiv/л. Графическое изображение результатов анализа позволяет представить гипотетический состав солей в воде. Анионы на диаграмме располагаются в порядке увеличения их кислотных свойств. Расположение катионов обусловлено тем порядком, в котором они будут образовывать малорастворимые соединения при постепенном увеличении значения рН. Именно такой приём обработки, т.е. увеличение щелочности среды, лежит в основе процессов реагентного умягчения, обезжелезивания воды аэрацией или известкованием.

Рис. 1 Диаграмма гипотетического состава солей в воде

а)

Ca^{2+}		Mg^{2+}		$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
HCO_3^-	SO_4^{2-}		Cl^-	
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	MgSO_4	MgCl_2	$\text{NaCl} + \text{KCl}$

б)

Ca^{2+}		Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
HCO_3^-	SO_4^{2-}		Cl^-	
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	MgSO_4	Na_2SO_4	$\text{NaCl} + \text{KCl}$	

в)

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		K^+
HCO_3^-		SO_4^{2-}		Cl^-
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	NaHCO_3	Na_2SO_4	$\text{NaCl} \quad \text{KCl}$

1.2 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].

Анализ качества воды выполняется в табличной форме, заполнением *таблицы 1*, и выделением выбранных методов обработки воды. На основании данных *таблицы 1*, принимаются необходимые методы улучшения качества воды.

Следует иметь ввиду, что **обеззараживание** воды предусматривается **обязательно**, в независимости от качества воды и принятой технологии, т.к. она может получить дополнительные бактериологические загрязнения в открытых сооружениях и соединительных коммуникациях.

При выполнении курсового проекта рекомендуется выбирать **реагентный метод осветления воды**, который наиболее востребован в современных технологиях и не требует дополнительных условий применения (значительные площади и т.п.).

Таблица 1 - Анализ качества подлежащей обработке воды

Показатель качества воды	Исходная вода (из задания)	Требования СанПин 2.1.4.1074 "Питьевая вода"	Рекомендуемый метод УКВ
Обобщенные показатели качества воды			
Мутность воды, М, мг/л		до 1,5 мг/л	Реагентное (б/реагентное) Осветление воды
Цветность воды, Ц, град		до 20 град	Обесцвечивание воды
Общая минерализация, Р, мг/л		до 1000 мг/л	Опреснение воды
Общая жесткость, Ж, мг-экв/л		до 7 мг-экв/л	Умягчение воды
Величина рН, единицы рН		в пределах 6-9	Контроль щелочности воды
Неорганические вещества			
Содержание алюминия, Al ³⁺ , мг/л		до 0,5	Выбор оптимальной дозы коагулянта
Содержание железа (суммарно), Fe, мг/л		до 0,3	Обезжелезивание
Микробиологические показатели			
Общее микробное число		не более 50 колоний в 1 мл	Обеззараживание

По результатам анализа таблицы 1 делается **вывод** о выбранных методах УКВ для получения воды питьевого качества: исходную воду следует подвергнуть (в качестве примера) реагентному осветлению и обеззараживанию.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

Расход воды поступающей на технологические сооружения, складывается из расчетного расхода воды в сутки максимального водопотребления, расхода на собственные нужды и дополнительного расхода на пополнение запаса воды для пожарных целей.

Полная расчетная производительность станции может быть определена по формуле:

$$Q_{i.н.} = \alpha \cdot Q_{\text{макс}} + Q_{\text{п.н.}}$$

(3.1)

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды станции;
 $\alpha = 1,05$ при суточной производительности более 50000 м³/сут;
 $\alpha = 1,1$ при суточной производительности менее 50000 м³/сут;

$Q_{\text{макс.сут.}}$ - максимальный расход воды в сутки наибольшего водопотребления, м³/сут;

$Q_{\text{доп.}}$ - дополнительный расход для пополнения противопожарного запаса, м³/сут.

Расход воды на собственные нужды станции осветления и обесцвечивания следует принимать в размере 3 - 4 % количества воды, подаваемой потребителям, при повторном использовании промывочных вод фильтров, без повторного использования - 10 - 14 % .

Дополнительный расход воды на пожаротушение определяется по формуле:

$$Q_{\text{пж}} = \frac{3,6 \cdot n \cdot q_{\text{пж}} \cdot t_{\text{пж}}}{\tau_{\text{пж}}}, \quad (3.2)$$

где n - число одновременных пожаров;

$q_{\text{пж}}$ - норма расхода воды на пожар, л/сек;

$t_{\text{пж}}$ - расчетная длительность пожара;

$\tau_{\text{пж}}$ - время восстановления пожарного запаса, ч, принимаемое для городских населенных пунктов и предприятий категорий А, Б, В - 24 часа;
для предприятий категории Г, Д - 36 часов;
для сельских населенных мест - 72 часа.

Для удобства расчетов рекомендуется переводить: $Q_{\text{расч}}$, м³/сут \rightarrow $q_{\text{ч}}$, м³/ч \rightarrow $q_{\text{с}}$, л/с.

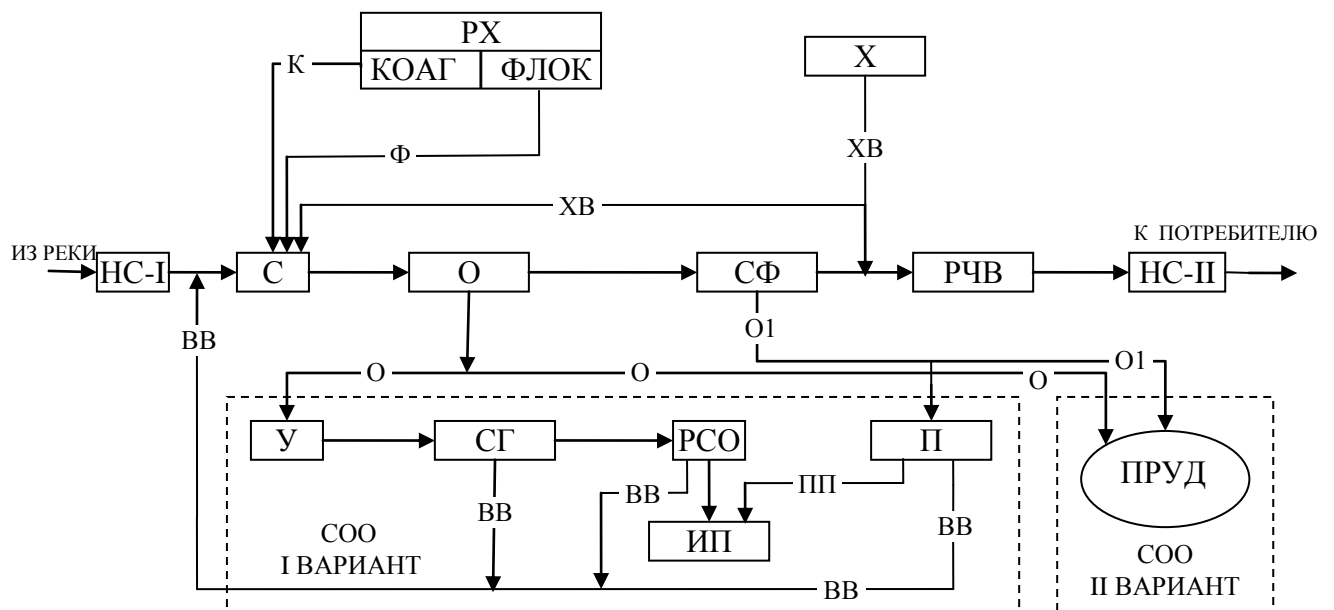
3 ВЫСОТНАЯ СХЕМА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

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 $\pm 0,5$ м относительно поверхности земли (см. задание). Отметки остальных сооружений определяют последовательным суммированием отметки воды 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 \rightarrow О	0,3-0,4
в осветлителях со вз.ос., отстойниках (О)	0,7-0,8		
		О \rightarrow СФ	0,5-0,6
в скорых фильтрах (СФ)	3-3,5		
		СФ \rightarrow РВЧ	0,5-1,0

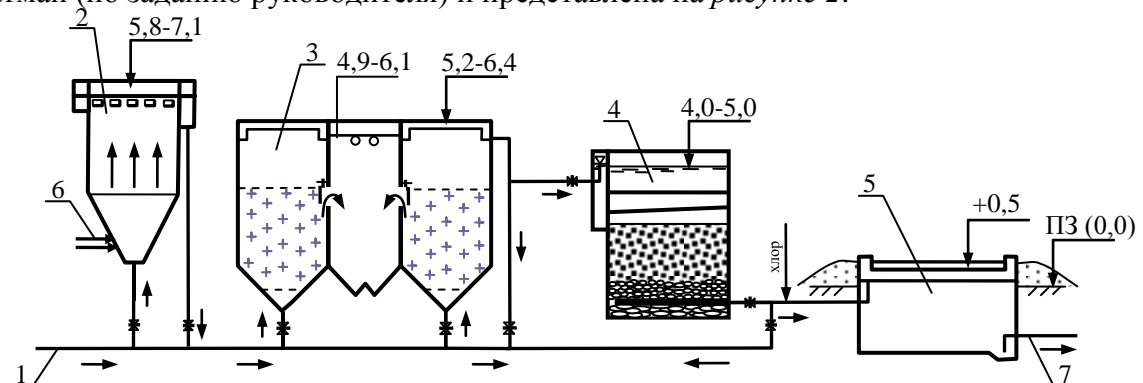


НС-I, НС-II - насосные станции 1 и 2 подъема; С - смеситель; О - осветлитель со взвешенным осадком (отстойник вертикальный или горизонтальный); СФ - скорый фильтр; РЧВ - резервуар чистой воды; РХ - реагентное хозяйство; КОАГ - хозяйство приготовления коагулянта; ФЛОК - хозяйство приготовления флокулянта; Х - хлораторная; СОО - сооружения по обработке технологических осадков; У - усреднитель осадков; СГ - сгуститель осадка; РСО - резервуар сгущенного осадка; П - песколовка; ИП - иловые площадки; ПРУД - накопитель.

К - раствор коагулянта; Ф - раствор флокулянта; ХВ - хлорная вода; О - осадок из осветлителя; О1 - промывные воды; ПП - песковая пульпа; ВВ- возвратные воды.

Рисунок 1 - Блок-схема осветления воды

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



1 - подача исходной воды от НС-I; 2 - смеситель гидравлического типа; 3 - осветлитель со 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).

4. РЕАГЕНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО

4.1 Расчетные дозы реагентов

Реагентное хозяйство включает устройство для приготовления, дозирования, складирования реагентов.

Для расчета числа и размеров растворных и расходных баков, в которых приготавливают реагенты, необходимо уточнить состав реагентов и определить их дозы. В качестве основного реагента, служащего для коагуляции воды, принимают сернокислый алюминий $[Al_2(SO_4)_3]$.

Для ускорения процессов осаждения, фильтрования фторации и повышение их эффективности применяется коагулирование.

Для ориентировочных подсчетов дозу коагулянта можно определить для мутных вод по количеству взвешенных веществ согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1

Мутность воды, мг/л	Доза безводного коагулянта для обработки мутных вод, мг/л
До 100	25-35
Свыше 100 до 200	30-40
Свыше 200 до 400	35-45
Свыше 400 до 600	45-50
Свыше 600 до 800	50-60
Свыше 800 до 1000	60-70
Свыше 1000 до 1500	70-80

Расчетные данные реагентов устанавливают по данным пробной обработки воды или по опыту эксплуатации аналогичных очистных сооружений.

Расчетную дозу коагулянта D_k в пересчете на безводный сульфат алюминия или соли трехвалентного железа для обесцвечивания коагуляцией цветных вод определяют по формуле:

$$D_k = 4\sqrt{C} \quad , \quad \text{мг/л}, \quad (4.1)$$

где C - цветность обрабатываемой воды по платиново-кобальтовой шкале, град.

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности принимается большая из доз коагулянта, приведенных в таблице 4.2 или рассчитанных по формуле (4.1).

Таблица 4.2

Содержание взвешенных веществ в исходной воде, мг/л	Доза $Al_2(SO_4)_3$ мг/л. при содержании в воде извести	
	тонкодисперсной ($U_0 < 0,05$ мм/с)	грубодисперсной
До 100	35	25
101-200	45	30
201-400	60	40
401-600	70	45
601-800	80	55
801-1000	90	60
1001-1400	105	65
1401-1800	115	75
1801-2200	126	80
2201-2500	130	90

Меньшие значения доз относятся к воде, содержащей высокодисперсную взвесь.

При использовании контактных осветлителей, или фильтров работающих по принципу коагуляции в зоне фильтрующей загрузки, дозу коагулянта следует принимать на 10... 15 % меньше.

Затем проверяют необходимость подщелачивания воды в паводковый и меженные периоды

$$\ddot{A}_{\text{е}\zeta}^{\text{пав}} = \hat{E}_{\text{е}\zeta} (\ddot{A}_{\text{е}}^{\text{пав}} / \hat{a}_{\text{е}} - \ddot{U}_0^{\text{пав}}) + 1, \quad (4.2)$$

где $\ddot{A}_{\text{е}\zeta}^{\text{пав}}$ - доза извести для подщелачивания воды в паводковый период, мг/л;

$K_{\text{из}}$ - коэффициент для извести (по CaO), $K=28$;

$\ddot{A}_{\text{е}}^{\text{пав}}$ - доза коагулянта в паводковый период, мг/л;

e_k - молярная масса эквивалента коагулянта, принимают для $Al_2(SO_4)_3$ $e_k = 57$;

$\ddot{U}_0^{\text{пав}}$ - щелочность воды в паводок (карбонатная жесткость воды в паводок), ммоль/л.

При получении отрицательного ответа подщелачивания не требуется.

$$\ddot{A}_{\text{е}\zeta}^{\text{меж}} = \hat{E}_{\text{е}\zeta} (\ddot{A}_{\text{е}}^{\text{меж}} / I_{\text{е}} - \ddot{U}_0^{\text{меж}}) + 1, \quad (4.3)$$

где $\ddot{A}_{\text{е}\zeta}^{\text{меж}}$ - доза извести в меженный период, мг/л;

$\ddot{A}_{\text{е}}^{\text{меж}}$ - доза коагулянта в межень, мг/л;

$\ddot{U}_0^{\text{меж}}$ - карбонатная жесткость воды в межень, ммоль/л.

В случае положительного ответа значение $D_{\text{из}}$, полученное по формуле, определяет необходимое количество извести, требующееся для подщелачивания воды в определенный период года.

4.2 Расчет растворяемых, расходных баков

Для приготовления раствора коагулянта устанавливают растворные и расходные баки.

Вместимость (m^3) растворного бака

$$W_p = \frac{q_{\text{дан}} \cdot n \cdot \ddot{A}_e}{10000 \cdot \gamma \cdot b_\delta},$$

(4.4)

где $q_{\text{расч}}$ - расчетная часовая производительность, m^3 в ч;

n - время полного цикла приготовления раствора коагулянта, $n = 10 \dots 12$ часов (СНиП 2.04.01-84) при температуре воды до $10^\circ C$ и $n = 6 \dots 8$ часов при температуре воды до $40^\circ C$;

D_k - максимальная доза коагулянта, мг/л;

γ - плотность раствора коагулянта, t/m^3 , $\gamma = 1$ т/м;

b_p - концентрация раствора коагулянта в растворном баке; для неочищенного раствора до 17 % (СНиП 2.04.01-84).

Число растворных баков принимают не менее трех с учетом способа доставки и разгрузки коагулянта, его вида, а также времени растворения.

Нижнюю часть растворных баков для неочищенного коагулянта проектируют с наклонными стенками под углом 45° к горизонтали. Для удобства опорожнения баков предусматривают трубопроводы диаметром не менее 150 мм. При использовании кускового коагулянта в баках устанавливают съемные колосниковые решетки с прозорами 10...15 мм.

Вместимость (m^3) расходного бака

$$W = b_p \cdot W_p \cdot b,$$

(4.5)

где b - концентрация раствора коагулянта в расходном баке, принимают до 12%.

Число расходных баков должно быть не менее двух. Днища расходных баков должны иметь уклон не менее 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром не менее 100 мм. При использовании неочищенного коагулянта раствор забирают из верхнего слоя по шлангу с поплавком. Внутреннюю поверхность бака защищают кислотостойкими материалами.

Растворные и расходные баки принимают кубической формы, определяют стороны куба и площади соответственно растворного F_p и расходного $F_{\text{расч}}$ баков как квадрат стороны куба.

4.3 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, $q_{\text{н-д}}$, $m^3/ч$, определяемой по формуле:

$$q_{\text{н-д}} = (Q_{\text{расч}} \times D_k) / (P_c \times 24 \times 1000),$$

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

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	680	840	847	875
ширина	272	300	300	319
высота	540	634	634	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]).

4.4 Приготовление известкового молока

В качестве подщелачивающего реагента на станции осветления воды чаще всего применяется известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$. 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 $q_{\text{САТ}}$, м³/ч определяется по формуле:

$$q_{\text{САТ}} = q_{\text{CaO}} / C_{\text{CaO}},$$

где q_{CaO} - количество вводимого CaO , г;

C_{CaO} - содержание CaO в насыщенном растворе, г/м³, принимается для предварительных расчетов 15 %.

4.5 Выбор воздухоудвки

Интенсификация процесса растворения реагентов достигается перемешиванием растворяемого химиката в водной среде. Для перемешивания применяют барботаж системы с сжатым воздухом, механическое перемешивание с помощью мешалок различных типов и гидравлическое перемешивание рециркуляцией насосом через специальные баки. Для получения насыщенных концентрированных растворов используют сатураторы.

Для растворения коагулянта и перемешивании его в баках сжатый воздух подают с интенсивностью: для растворения $\omega_p = 8...10$ л (с·м²), для перемешивания в расходных баках $\omega_{\text{расх}} = 3...5$ л (с·м²).

Расход сжатого воздуха, подаваемого в растворный бак для растворения коагулянта:

$$Q_{\text{аіса}}^{\delta} = \omega_{\delta} \cdot F_{\delta}, \quad (4.6)$$

Расход сжатого воздуха, подаваемого в расходный бак для перемешивания:

$$Q_{\text{аіса}}^{\delta\text{аіо}} = \omega_{\delta\text{аіо}} \cdot F_{\delta\text{аіо}}, \quad (4.7)$$

Общий расход сжатого воздуха:

$$Q_{\text{всж}} = Q_{\text{всж}}^{\text{д}} + Q_{\text{всж}}^{\text{двп}} \quad (4.8)$$

Для подачи сжатого воздуха устанавливают воздухоувку марки ВК различной производительности (таблица 4.3).

Производительность воздухоувок ($\text{м}^3/\text{мин}$) различных марок

Таблица 4.3

Марка	Избыточный напор, м.			
	3	8	12	16
ВК-1,5	1,58	1,18	0,64	0,13
ВК-3	3,48	2,54	1,54	0,55
ВК-6	6,30	5,45	4,20	2,75

Воздух пропускают по дырчатым трубам из кислотостойких материалов со скоростью 10...15 м/с. По расходу и скорости уточняют диаметр распределительного воздушного коллектора. Скорость выхода воздуха из отверстий 20...30 м/с; диаметр отверстий 3...4 мм. Отверстия направлены вниз. Схема растворного бака представлена на рисунке 4.1.

Площадь (м^2) склада для сухого реагента:

$$F_{\text{нсс}} = \frac{Q_{\text{двп}} \cdot \ddot{A}_e \cdot \dot{O} \cdot \alpha}{10000 \cdot G_i \cdot D_n \cdot h_k} \quad (4.9)$$

где $Q_{\text{расч}}$ - расчетная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{сут}$ (Q пс);
 D_k - максимальная доза коагулянта, мг/л, $\text{г}/\text{м}^3$;
 T - продолжительность хранения коагулянта на складе ($T = 15...30$ сут);
 α - коэффициент, учитывающий дополнительную площадь для проходов на складе,
 $\alpha = 1,15$
 G_o - плотность коагулянта при загрузке склада навалом, $G_o = 1,1 \text{ т}/\text{м}^2$;
 P_c - содержание безводного продукта в коагулянте, % неочищенного $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; $P_c = 33,5 \%$
 h_k - допустимая высота слоя коагуляции на складе, м; $h_k = 2$ м.

Площадь (м^2) склада для извести:

$$F_{\text{нсс}}^{\text{всж}} = \frac{Q_{\text{двп}} \cdot \ddot{A}_{\text{всж}} \cdot \dot{O} \cdot \alpha}{10000 \cdot G_i^{\text{всж}} \cdot D_i^{\text{всж}} \cdot h_k^{\text{всж}}} \quad (4.10)$$

где $D_{\text{изв}}$ - максимальная доза извести для подщелачивания воды, мг/л, $\text{г}/\text{м}^3$;
 $G_i^{\text{всж}}$ - плотность извести при загрузке, $G_i^{\text{всж}} = 1 \text{ т}/\text{м}^2$;
 $D_i^{\text{всж}}$ - содержание безводного продукта в складированной извести, %, $D_i^{\text{всж}} = 15\%$;
 $h_k^{\text{всж}}$ - допустимая высота слоя извести, м; $h_k^{\text{всж}} = 1,5$ м.

Сухое хранение предусматривает наличие закрытых складов, примыкающих к помещению, где установлены баки для приготовления раствора коагулянта.

При мокром хранении коагулянта емкость баков и их число определяют согласно СНиП 2.04.02-84.

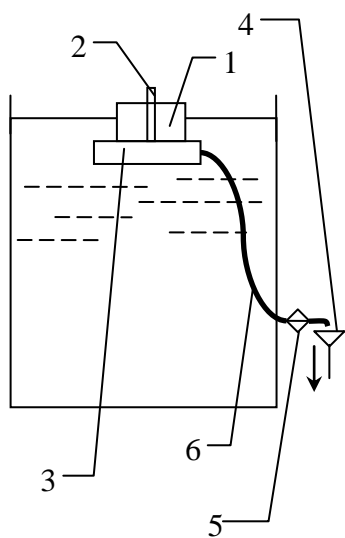
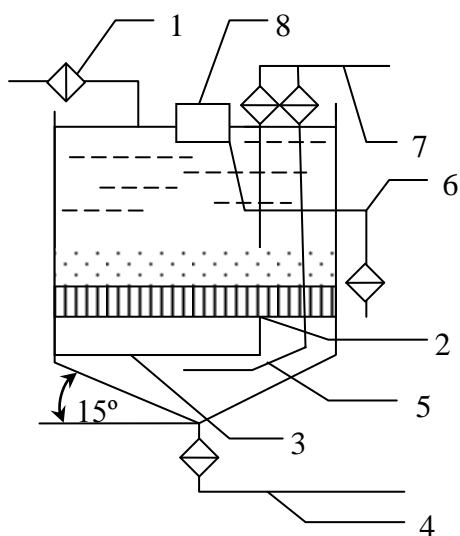


Рис 4.1. Конструкция растворного бака

тора

1 - подача подогретой воды; 2 - колосниковая решетка; 3-5 верхняя и нижняя распределительные системы для воздуха; 4 - сброс осадка; 6 - отбор раствора; 7 - подача сжатого воздуха; 8 - поплавок.

Рис 4.2. Схема поплавкового дозатора

1 - поплавок; 2 - воздушная трубка; 3 – дозирующая диафрагма; 4 – воронка, отводящая раствор смесителя; 5 - запорный вентиль; 6 - отводящая труба.

Для дозирования раствора реагента устанавливают не менее двух дозаторов. Принимают безнапорный (поплавковый) дозатор с постоянной дозой, в котором количество подаваемого раствора реагента можно изменить, сменив дозирующую диафрагму. Последняя имеет больший диаметр отверстий для увеличения доз и меньший для понижения доз.

Характеристика поплавковых дозаторов приведена в таблице 4.3, а схема поплавкового дозатора на рисунке 4.2.

Дозу активного хлора при предварительном хлорировании принимают 3-6 мг/л, при хлорировании осветленной и фильтрованной воды поверхностных источников 2-3 мг/л, для обеззараживания подземных источников 0,7-1 мг/л.

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя

Таблица 4.3

Марка	Раствор	Расход раствора, м ³ /ч	Диаметр приемной трубы, мм	Масса, кг
ПДк-40	Кислый	0,3	40	3,68
ПДк-60	Кислый	2,2	60	4,08
ПДк-70	Кислый	2,5	70	5,66

Обеззараживают воду хлором. В предварительных расчетах для обеззараживания поверхностной воды принимают дозу хлора $D_{\text{хл}} = 2-3$ мг/л. Хлораторы устанавливают после фильтров, перед резервуаром чистой воды.

Расход (кг/сут) хлора:

$$Q_{\text{оё}} = Q_{\text{дан}} \cdot \text{Аёё} / 1000, \quad (4.11)$$

По $Q_{\text{хл}}$ определяют число хлораторов. Принимают вакуумные хлораторы системы ЛОНИИ-100 производительностью: 0,4...2; 1...8; 2...12; 3...20 кг/ч. Хлораторы имеют одинаковую массу 32,5 кг и габариты 830^x650^x160 мм. Монтируют хлораторы на щитах размером 830^x730^x160 мм, располагаемых через 0,7 м, которые крепят на расстоянии 0,25...0,3 м от стенки. Число хлораторов должно быть не менее двух, один из которых резервный. Если хлораторов более двух, то предусматривают два резервных.

Устанавливают хлораторы в специальном помещении — хлораторной, где по числу хлораторов размещают промежуточные баллоны для задержания загрязнений перед поступлением хлорного газа.

Требуемое число рабочих баллонов в сутки:

$$N_{\text{аёё}} = Q_{\text{оё}} / S_{\text{аёё}}, \quad (4.12)$$

где $S_{\text{бал}}$ - расход хлора из одного баллона, кг/ч; $S_{\text{бал}} = 0,5... 0,7$ кг/г.

В помещении хлораторной допускается установка одного баллона и хранение не более 70 кг хлора. При потребности в сутки трех баллонов рядом с хлораторной устанавливают склад хлора, где хранят трехсуточный запас.

Основной запас хлора хранят вне очистной станции на так называемом расходном складе, рассчитанном на месячную потребность. Для обеспечения безопасности хлораторные располагают на первом этаже с двумя выходами наружу и оборудуют вентилятором, рассчитанным на двенадцатикратный обмен воздуха, поступающего за один час. Хлораторная должна иметь тамбур, где устанавливают шкафы для спецодежды и противогазов. В тамбуре монтируют выключатели для вентиляции и освещения. Электроосвещение должно быть газозащитным с герметичной аппаратурой.

Если содержание фтора в исходной воде менее 0,5 мг/л, следует предусматривать фторирование с использованием кремнефтористого натрия, фтористого натрия или кремнефтористого аммония.

Доза фторосодержащего реагента определяется по формуле:

$$\ddot{A}_0 = [m \cdot a - (F^-)] \cdot \frac{100}{K} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_0}, \quad (4.13)$$

где m - коэффициент, учитывающий потери фтора в зависимости от места ввода реагента в обрабатываемую воду, принимаемый: при вводе фтора после очистных сооружений равным 1, при вводе фтора перед фильтрами или контактными осветлителями равным 1,1;

a - требуемая концентрация фтора в обрабатываемой воде, в зависимости от климатических условий принимается 0,7...1,2 мг/л;

F^- - содержание фтора в исходной воде, мг/л;

K - содержание фтора в чистом реагенте в %, принимается для кремнефтористого натрия - 60, для фтористого натрия — 45, для кремнефтористого аммония –

C_ϕ - содержание чистого вещества в техническом продукте, %.

В зависимости от типа реагентов ввод их в обрабатываемую воду назначают в следующих местах:

- для предварительного хлорирования хлоросодержащие реагенты во всасывающие и напорные трубопроводы насосной станции I-подъема;

- коагулянт и реагент для подщелачивания в трубопровод перед смесителем или в смеситель;

- флокулянт вводится через 2-4 минуты после введения коагулянта;

- фтор - перед скорыми фильтрами или после очистных сооружений.

4.6 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* $F_{\text{КОАГ}}$, в м^2 определяем по формуле:

$$F_{\text{КОАГ}} = (Q_{\text{РАСЧ}} \times D_K \times T \times \alpha) / (10000 \times G_O \times P_C \times h_K),$$

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

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

G_0 - объемная масса коагулянта при загрузке склада навалом $1,1 \text{ т/м}^3$;

h_K - допустимая высота слоя коагулянта на складе, $h_K=2$ м (п.6.204 [2]);

P_C - содержание безводного продукта в коагулянте, для неочищенного $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $P_C=33,5$ %.

Площадь склада для *известки* $F_{\text{ИЗВ}}$ в м^2 определяется по формуле:

$$F_{\text{ИЗВ}} = (Q_{\text{РАСЧ}} \times D_{\text{ИЗВ}} \times T \times \alpha) / (10000 \times G_0^{\text{ИЗВ}} \times P_C^{\text{ИЗВ}} \times h_K^{\text{ИЗВ}}),$$

$D_{\text{ИЗВ}}$ - максимальная доза для подщелачивания воды, г/м^3 ;

$G_0^{\text{ИЗВ}}$ - объемная масса известки при загрузке 1 т/м^3 ;

$P_C^{\text{ИЗВ}}$ - содержание безводного продукта в товарной известке, 15 %;

$h_K^{\text{ИЗВ}}$ - допустимая высота слоя известки в м, $h_K^{\text{ИЗВ}}=1,5$ м (п.6.204 [2]).

5. РАСЧЕТ СМЕСИТЕЛЕЙ

Смесительные устройства предназначены для быстрого и полного смешения реагентов с обрабатываемой водой. Смешение реагентов должно закончиться в течении 1-3 минут. Смесители подразделяют на гидравлические и механические. К наиболее распространенным гидравлическим смесителям относятся вихревые, перегородочные и дырчатые. Механические смесители несмотря на достаточно полное и быстрое смешение реагентов с водой не нашли достаточно широкое применение в следствии значительных затрат электроэнергии. Выбор типа смесителя должен обосновываться конструктивными соображениями и компоновкой станции водоочистки, с учетом ее производительности и способа обработки воды.

Количество смесителей необходимо принимать не менее двух с возможностью их отключения в периоды интенсивного хлопьеобразования.

Резервные смесители принимать не целесообразно, рационально предусмотреть обводной трубопровод в обход смесителей.

При расчете трубопроводов, отводящих воду от смесителей к последующим технологическим сооружениям, скорость воды принимается равной 0,6-1 м/с, время ее пребывания не более 1,5 минут.

5.1 Расчет вихревого смесителя гидравлического типа

Принимают смеситель квадратного сечения с пирамидальной частью. Центральный угол между наклонными стенками $\alpha = 30-45^\circ$.

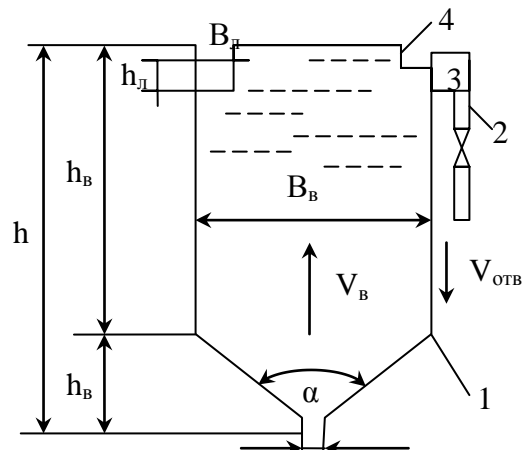


Рис.5.1 Схема смесителя

1 - корпус; 2 - отвод воды; 3 - водосбросный лоток; 4 - водосборный лоток; 5 - подача исходной воды; 6 - ввод реагентов; 7 - сброс в канализацию.

$$f_{\dot{a}} = q_{\dot{a}} / v_{\dot{a}}, \quad (5.1)$$

где $q_{\dot{a}}$ - расчетный часовой расход очистной станции равный $Q_{\text{час}}/24$, м³/час;
 $v_{\dot{a}}$ - скорость восходящего потока воды на уровне водосбросного лотка, равная 30...40 мм/с.

Ширина верхней части смесителя:

$$b_{\dot{a}} = \sqrt{f_{\dot{a}}}, \quad (5.2)$$

Исходная вода подводится в нижнюю часть смесителя с входной скоростью $v_{\dot{a}} = 1,2...1,5$ м/с; зная, что $q_{\dot{a}} = Q_{\text{расч}} / 24 \cdot 3600$, по таблицам Шевелёва определяют диаметр подводящего водопровода D (мм), по которому выбирают внешний (наружный) диаметр подводящего водопровода $D_{\text{н}}$ (мм).

D	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
D _н	66	98	118	144	170	222	274	326	378	429	480	532	655

Размер в плане нижней части смесителя в месте примыкания водопровода диаметром $D_{\text{н}}$ должен быть $b_{\text{н}} \cdot b$, а площадь нижней части усеченной пирамиды:

$$f_{\text{н}} = (D_{\text{н}})^2 = (b_{\text{н}}), \quad (5.3)$$

Высота нижней части смесителя:

$$h_{\dot{a}} = 0,5 \cdot (b_{\dot{a}} - b_{\dot{a}}) \cdot \text{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (5.4)$$

Объем пирамидальной части смесителя:

$$W = 1/3 \cdot h_i \cdot (f_a + f_i + \sqrt{f_a \cdot f_i}), \quad (5.5)$$

Полный объем смесителя:

$$W = q_{\text{ч}} \cdot t / 60, \quad (5.6)$$

где t - продолжительность смешения реагента с массой воды, принимаем $t = 1,5 \dots 2$ мин.

Объем верхней части смесителя:

$$W_{\text{в}} = W - W_{\text{н}} \quad (5.7)$$

Высота верхней части смесителя:

$$h_{\text{в}} = W_{\text{в}} / f_{\text{в}}, \quad (5.8)$$

Полная высота смесителя:

$$h = h_{\text{в}} + h_{\text{н}} \quad (5.9)$$

Вода в верхней части смесителя собирается лотком через затопленные отверстия. Скорость движения воды в лотке 0,6 м/с. Вода, протекающая по лоткам в направлении сборного кармана делится на два потока.

Расчетный расход каждого потока:

$$q_{\text{л}} = q_{\text{ч}} / 2, \quad (5.10)$$

Площадь живого сечения сборного лотка:

$$\underline{\omega}_{\text{л}} = q_{\text{л}} / (v_{\text{л}} \cdot 3600), \quad (5.11)$$

При ширине лотка $b_{\text{л}} = 0,27$ м расчетная высота слоя воды (м) в лотке $h_{\text{н}} = \underline{\omega}_{\text{л}} / b_{\text{л}}$.
Уклон дна лотка $i = 0,02$.

Площадь всех затопленных отверстий в стенках лотка:

$$F_0 = q_{\text{л}} / (v_0 \cdot 3600), \quad (5.12)$$

где v_0 - скорость движения воды через отверстия лотка, равная 1м/с.

Принимают отверстия диаметром $d_0 = 80$ мм, площадь одного отверстия $f_0 = 0,00503$ м².

Общее число отверстий:

$$n_0 = F_0 / f_0, \quad (5.13)$$

Отверстия размещают по боковой поверхности лотка на глубине $h_0 = 110$ мм от верхней кромки лотка до оси отверстия.

Внутренний периметр (м) лотка при принятой толщине стенки лотка 0,06 м.

$$P_{\text{л}} = 4 [b_{\text{в}} - 2 / (b_{\text{л}} \cdot 0,06)], \quad (5.14)$$

где b_v - ширина верхней части смесителя, м.

Переводим в мм, тогда шаг (мм) отверстий:

$$I_0 = P_{л} / n, \quad (5.15)$$

Расстояния между отверстиями (мм) $I_0 \text{ — } d_0$.

Из сборного лотка вода поступает в боковой сборный карман, размеры которого принимают конструктивно с таким расчетом, чтобы в верхней части его разместить трубу для отвода воды, прошедшей смеситель.

Диаметр (м) отводящего трубопровода:

$$D_{\text{отв}} = \sqrt{4q_{\text{п}} / (\pi \cdot v_{\text{отв}})}, \quad (5.16)$$

где q_c - расход воды в смесителе, м³/с;

$v_{\text{отв}}$ - скорость в отводящем трубопроводе и равная 0,6...1 м/с.

5.2 Расчет дырчатого смесителя

Дырчатый смеситель представляет собой лоток с дырчатыми перегородками, установленными перпендикулярно направлению движения воды. При прохождении воды через отверстия со скоростью 1 м/с создаются завихрения, способствующие хорошему перемешиванию воды с реагентами. Верхний ряд отверстий должен быть затоплен под уровень воды на 0,1-0,15 м с целью исключения насыщения воды пузырьками воздуха.

Дырчатые смесители принимают на станциях водоочистки при условии, что на один смеситель приходится не более 1000 м³/ч.

Количество дыр этих перегородок обычно принимается трем, с расстоянием между ними не менее ширины лотка. Отверстия в перегородках выполняются диаметром 30-100 мм в зависимости от производительности станции водоочистки. Ширина лотка определяется по скорости движения воды, которую принимают не менее 0,6 м/с.

Для определения отметки уровня воды в начале смесителя задаются глубиной потока в конце смесителя и затем определяют уровни воды между перегородками.

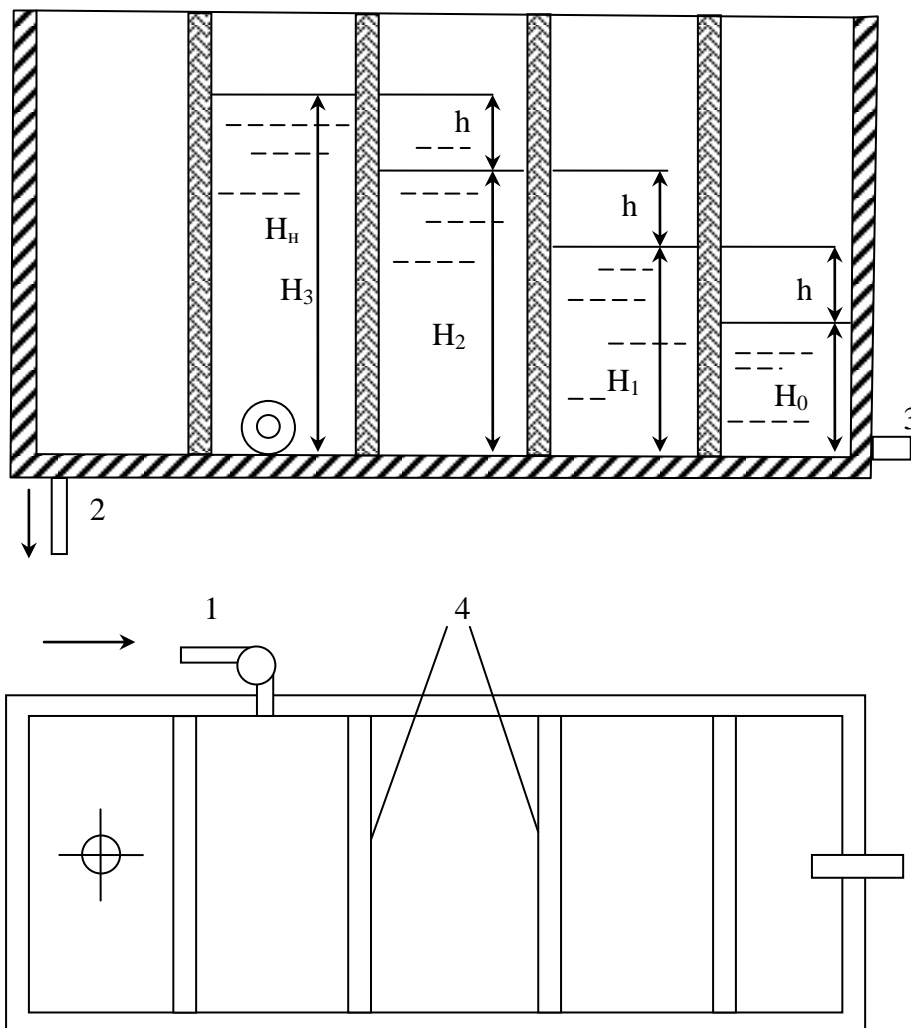


Рис.5.2 Дырчатый смеситель

1 - подача воды; 2 - опорожнение; 3 - отвод воды; 4 - дырчатые перегородки.

Пример. Рассчитать дырчатый смеситель для очистной станции с расходом воды 12960 м³/сут или 0,15 м³/с.

При скорости движения воды в конце смесителя, равной 0,6 м/с, площадь сечения лотка:

$$f_{л} = q_{с} / v_{л}, \quad (5.17)$$

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

$$f_{л} = 0,15 / 0,6 = 0,25 \text{ м}^2$$

По конструктивным соображениям выбираем высоту слоя воды в конце смесителя $H = 0,5$ м и на основании этого определяем ширину лотка:

$$b_{\text{л}} = f_{\text{л}} / H = 0,25 / 0,5 = 0,5 \text{ м.} \quad (5.18)$$

Потеря напора в отверстиях перегородки определяется по формуле:

$$h = v_0^2 / 2\mu^2, \quad (5.19)$$

где v_0 - скорость движения воды в отверстиях перегородки, принимаемая 1м/с;

μ - коэффициент расхода, зависящий от отношения диаметра отверстия к толщине перегородки, принимаемый в пределах 0,65-0,75.

$$h_1 = H + h, \quad (5.20)$$

$$h_1 = 0,5 + 0,12 = 0,62 \text{ м.}$$

$$h_2 = H + 2h, \quad (5.21)$$

$$h_2 = 0,5 + 2 \cdot 0,12 = 0,74 \text{ м.}$$

$$h_3 = H + 3h, \quad (5.22)$$

$$h_3 = 0,5 + 3 \cdot 0,12 = 0,86 \text{ м.}$$

Общая площадь отверстий в перегородке равна

$$f_0 = q_c / v_0, \quad (5.23)$$

$$f_0 = 0,15 / 1 = 0,15 \text{ м}^2$$

Количество отверстий в каждой перегородке определяется по формуле:

$$n = 4 q_c / \pi \cdot d_0^2 \cdot v_0, \quad (5.24)$$

где d_0 - диаметр отверстий в перегородке, м.

$$n = 4 \cdot 0,15 / 3,14 \cdot 0,06^2 \cdot 1 = 71 \text{ шт.}$$

Поскольку общая площадь отверстий перегородки не должна превышать 30 % рабочей площади, то минимально необходимая площадь перегородки:

$$f_{\text{п}} = f_0 / 0,3, \quad (5.25)$$

$$f_{\text{п}} = 0,15 / 0,3 = 0,5 \text{ м.}$$

Высота первой перегородки с учетом затопления верхнего ряда отверстий на 0,1 м равна:

$$b_{\text{с}} = f_{\text{п}} / h_{\text{п}}, \quad (5.26)$$

$$b_{\text{с}} = 0,5 / 0,52 = 1,0 \text{ м.}$$

Отверстия в перегородках размещаем в 7 рядов по вертикали, и в 11 рядов по горизонтали. Шаг оси отверстий по вертикали:

- в первой перегородке $l_1 = (620 - 100) / 7 = 74 \text{ мм}$;
- во второй перегородке $l_2 = (740 - 100) / 7 = 91 \text{ мм}$;
- в третьей перегородке $l_3 = (860 - 100) / 7 = 108 \text{ мм}$.

Шаг отверстий по горизонтали во всех перегородках будет одинаковым и составит $1000 / 11 = 91 \text{ мм}$.

Расстояние между перегородками по длине дырчатого смесителя принимаются равным ширине смесителя, т.е.

$$l = b_{\text{с}} = 1 \text{ м.}$$

5.3 Перегородчатые смесители

На станциях водоподготовки нашли применение перегородчатые смесители коридорного типа с вертикальным или горизонтальным движением воды. Перегородчатый смеситель представляет собой железобетонный прямоугольный в плане резервуар с перегородками. Смешение реагента с водой осуществляется за счет многократного изменения направления движения потока в горизонтальной или вертикальной плоскости. Число поворотов следует принимать равным 9-10. Скорость движения воды в смесителе рекомендуется принимать 0,5-0,7 м/с.

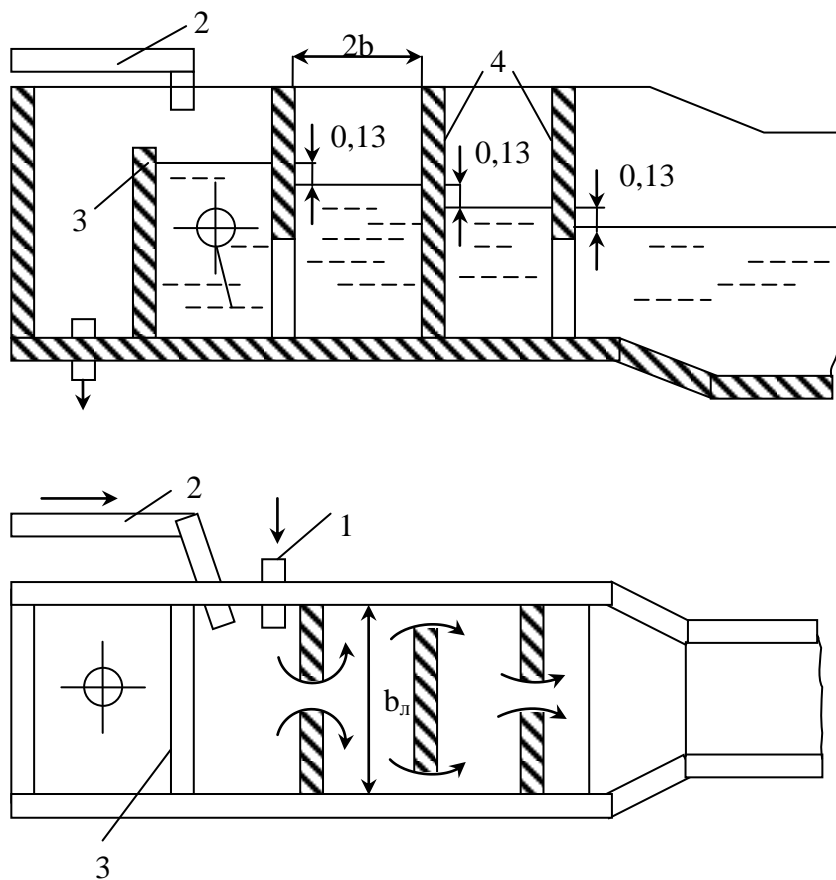


Рис 5.3. Перегородчатый смеситель:
 1 - труба, для подачи воды; 2 - труба для подачи реагента; 3 – переливная стенка; 4 - перегородки.

Пример. Рассчитать перегородчатый смеситель коридорного типа на расход 36000 м³/сут или 1500 м³/ч. Время смешения воды с расчетом $t = 1,5$ мин.

Объем перегородчатого смесителя:

$$W_c = \frac{Q \cdot t}{60}, \quad (5.27)$$

$$W_c = \frac{1500 \cdot 1.5}{60} = 37,61 \text{ м}^3$$

Потеря напора на одном повороте определяется согласно формуле:

$$H = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (5.28)$$

где ξ - коэффициент сопротивления, принимаемый равным 2,9;
 v - скорость движения воды в смесителе, принимаемая уменьшающейся от 0,7 до 0,5 м/с;
 g - ускорение свободного падения, м/с.

$$H = 2,9 \frac{0,62}{2 \cdot 9,8} = 0,051$$

Принимаем число поворотов равное 9, т.е. число коридоров - 10. Суммарные потери напора на всех поворотах составят $9 \cdot 0,05 = 0,45$ м. Если принять уровень воды на выходе из смесителя $H_k = 0,5$ м, то на входе уровень будет $H_n = 0,5 + 0,45 = 0,95$ м \approx 1 м.

Площадь смесителя (в плане):

$$f_c = W_c / H, \quad (5.29)$$

$$f_c = 37,5 / 1 = 37,5 \text{ м}^2$$

Ширина коридора смесителя при скорости движения воды $v = 0,6$ м/с.

$$b_k = Q_{\text{ч}} / 3600 \cdot v \cdot H, \quad (5.30)$$

$$b_k = 1500 / 3600 \cdot 0,6 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ м.}$$

Следовательно, при наличии десяти коридоров ширина смесителя:

$$b_{\text{л}} = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ м.}$$

Длина смесителя:

$$l_c = f_c / b_c, \quad (5.30)$$

$$l_c = 37,5 / 7 = 5,4 \text{ м.}$$

6 РАСЧЕТ КОРИДОРНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ

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

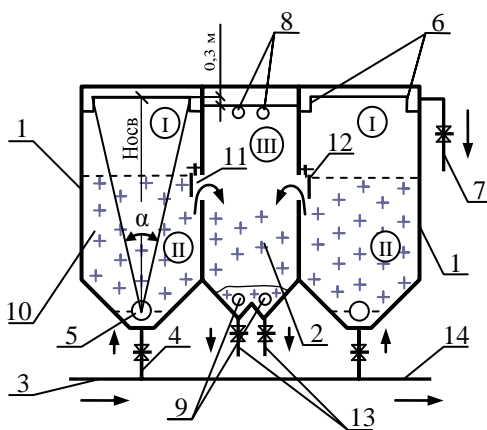
Расчет осветлителей выполняется с учетом годовых колебаний качества воды **для двух периодов** (п.6.78 [2]):

- **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 шламакопления**; 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.



I - зона осветления; II - зона взвешенного осадка; III - зона осадкоуплотнения; 1 - рабочая камера (2 коридора); 2 - осадкоуплотнитель; 3 - подача воды на осветление от смесителя; 4 - подача воды в рабочую камеру; 5 - распределительный коллектор; 6 - водосборные желоба; 7 - трубопровод осветленной воды; 8 - трубы, отводящие осветленную воду из осадкоуплотнителя; 9 - шламоотводящие трубы; 10 - взвешенный слой; 11 - осадкоприемные окна; 12 - защитные козырьки; 13 - сброс осадка; 14 - подача воды на дальнейшую обработку (линия, обводная осветлитель).

Рисунок 5 - Схема коридорного осветлителя

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:

$$F = F_{\text{осв}} + F_{\text{отд}}$$

где $F_{\text{осв}}$, $F_{\text{отд}}$ - площади зоны осветления и отделения осадка соответственно, м², определяются п.6.78 [2]

$$F_{\text{OCB}} = (K_{\text{P.B}} \times q\text{ч}) / (3,6 \times V_{\text{OCB}}),$$

$$F_{\text{OTД}} = q\text{ч} \times (K_{\text{P.B}} - 1) / (3,6 \times V_{\text{OCB}}),$$

где $K_{\text{P.B}}$ - коэффициент распределения воды между зонами осветления и отделения осадка, определяется по *таблице 8* для зимы и лета;

V_{OCB} - скорость восходящего потока в зоне осветления в мм/с, принимается по *таблице 8* для зимы и лета.

Таблица 8 - Расчетные параметры коридорного осветлителя (таблица 20 [2])

Мутность воды, поступающей в осветлитель, мг/л	Скорость восходящего потока в зоне осветления V_{OCB} , мм/с		Коэффициент распределения воды, $K_{\text{P.B}}$
	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

Примечание: 1 При применении флокулянтов при коагулировании воды скорость выпадения взвеси следует увеличивать на 15-20 %.

2 Нижние пределы скорости указаны для хозяйственно-питьевых водопроводов

3 Скорость в зимний период следует принимать меньше, чем для летнего периода, так как мутность воды в этот период значительно снижается.

Расчет выполняется по следующей схеме:

$$M_{\text{МАХ}}, \text{ мг/л} \rightarrow V_{\text{OCB}}^{\text{Л}}, \text{ мм/с} \rightarrow K_{\text{P.B.}}^{\text{Л}} \rightarrow F_{\text{Л}}, \text{ м}^2;$$

$$M_{\text{МИН}}, \text{ мг/л} \rightarrow V_{\text{OCB}}^{\text{З}}, \text{ мм/с} \rightarrow K_{\text{P.B.}}^{\text{З}} \rightarrow F_{\text{З}}, \text{ м}^2.$$

Из полученных двух величин $F_{\text{Л}}, \text{ м}^2$ и $F_{\text{З}}, \text{ м}^2$ выбирается наибольшая и по ней выполняются все дальнейшие расчеты.

Площадь каждого из двух коридоров осветления $f_{\text{К}}, \text{ м}^2$

$$f_{\text{К}} = F_{\text{OCB}} / (n \times 2),$$

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

Площадь осадкоуплотнителя $f_{\text{O.Y}}, \text{ м}^2$

$$f_{\text{O.Y}} = F_{\text{OTД}} / n.$$

При определении площадей коридора и осадкоуплотнителя следует **подставлять** значения F_{OCB} и $F_{\text{OTД}}$ **для выбранного периода** работы осветлителя.

Ширину коридора осветлителя принимаем, тогда **длина коридора**

$$l_{\text{К}} = f_{\text{К}} / 2,6.$$

Ширина осадкоуплотнителя выше окон для приема осадка $b_{\text{O.Y}}, \text{ м}$ определяется:

$$b_{\text{O.Y}} = f_{\text{O.Y}} / l_{\text{К}}.$$

6.2 Расчет водораспределительного коллектора

Коллектор предназначен для равномерного распределения коагулированной воды по площади осветлительных коридоров осветлителя. Распределительный **коллектор**

выполняется в виде телескопической трубы, из двух-трех секций уменьшающегося диаметра. Расход для первой секции принимается равным половине расчетного расхода, а для второй секции - половине расхода первой секции.

Расчет заключается в определении **диаметра** дырчатого распределительного коллектора $d_{\text{КОЛ}}$, мм и **расчете его перфорации**.

Диаметр коллектора $d_{\text{КОЛ}}$, мм подбирается по расходу в начале коллектора $q_{\text{КОЛ}}$, л/с и рекомендуемой [2] скорости = 0,5-0,6 м/с, по [4]. Расчетный расход определяется

$$q_{\text{КОЛ}} = q_{\text{Ч}} / (n \times 2), \text{ м}^3/\text{ч} \rightarrow \text{л/с}.$$

Трубы укладываются на расстоянии не более 3 м друг от друга.

Расчет перфорации дырчатого коллектора - заключается в определении **количества отверстий n_0 , шт** и расстояния между их осями l_1 , м.

Площадь отверстий распределительного коллектора f_0 , м^2

$$f_0 = q_{\text{КОЛ}} / V_0,$$

где V_0 - скорость в отверстиях, принимается 1,5-2,0 м/с.

Задаваясь диаметром отверстий $d_0 = 15-25$ мм, определяется количество отверстий

$$n_0 = 4 \times f_0 / (\pi \times d_0^2)$$

Отверстия в коллекторе располагаются в два ряда в шахматном порядке под углом 45° к вертикальной оси. Расстояние между осями отверстий в каждом ряду l_1 , м не должно превышать 0,5 м и определяется из соотношения

$$l_1 = 2 l_{\text{К}} / n_0.$$

Правильность расчета перфорации любой дырчатой трубы (коллектора) проверяется определением соотношений:

$$K_{\text{П}} = f_0 / (n_0 \times d_0^2) = 0,3-0,4;$$

$$(n_0 \times d_0^2) / d_{\text{КОЛ}}^2 = 0,3-0,4,$$

где $K_{\text{П}}$ - коэффициент перфорации - отношение суммарной площади отверстий к площади поперечного сечения коллектора (трубы);

d_0 , f_0 и n_0 - соответственно диаметр в м, площадь в м^2 и количество в шт отверстий на дырчатом коллекторе или трубе;

$d_{\text{КОЛ}}$, $f_{\text{КОЛ}}$ - соответственно диаметр в м и площадь в м^2 дырчатого коллектора или трубы.

6.3 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 $q_{\text{Ж}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$ составляет

$$q_{\text{Ж}} = K_{\text{Р.В}} (q_{\text{Ч}} / n) / (n_{\text{К}} \times n_{\text{Ж}}),$$

где $n_{\text{К}}$ - количество коридоров в осветлителе, 2 шт;

$n_{\text{Ж}}$ - количество желобов в одном коридоре, 2 шт.

Площадь сечения желоба $f_{\text{Ж}}$, м^2

$$f_{\text{ж}} = q_{\text{ж}} / V_{\text{ж}},$$

где $V_{\text{ж}}$ - скорость движения воды в желобах, принимается 0,5-0,6 м/с [2].

Задаваясь высотой желоба $h_{\text{ж}} = 0,04-0,06$ м (п.6.84 [2]), **определяем** его ширину

$$b_{\text{ж}} = f_{\text{ж}} / h_{\text{ж}}, \text{ м.}$$

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

6.4 Расчет осадкоприемных окон

Избыточное количество взвешенного осадка поступает в осадкоуплотнитель через осадкоприемные окна.

Площадь осадкоприемных окон $f_{\text{ок}}, \text{ м}^2$ рассчитывается по общему расходу воды поступающей с избыточным осадком в осадкоуплотнитель.

$$q_{\text{ос}} = (1 - K_{\text{р.в}}) \times q_{\text{расч}},$$

где $q_{\text{расч}}$ - расчетный расход на один осветлитель, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{ч}} / n,$$

С каждой стороны в осадкоуплотнитель будет поступать $q_{\text{ок}}, \text{ м}^3/\text{ч}$,

$$q_{\text{ок}} = q_{\text{ос}} / 2.$$

Площадь окон с каждой стороны осадкоуплотнителя $f_{\text{ок}}, \text{ м}^2$

$$f_{\text{ок}} = q_{\text{ок}} / V_{\text{ок}},$$

где $V_{\text{ок}}$ - 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].

Высота окон $h_{\text{ок}} = 0,2$ м, тогда общая их длина с каждой стороны осадкоуплотнителя $l_{\text{ок}} = f_{\text{ок}} / 0,2$ м. Устраиваем с каждой стороны по 10 окон, с расстоянием между ними 0,4-0,5 м.

6.5 Расчет дырчатых труб для отвода из осадкоуплотнителя

В верхней части осадкоуплотнителя устанавливаются (в зависимости от его ширины) одна или две перфорированные **трубы принудительного отвода** на 0,3 м ниже уровня воды (до верха трубы) и не менее, чем на 1,5 м выше верха осадкоприемных окон.

Расчет заключается в подборе **диаметра** дырчатых **труб $d_{\text{сб}}, \text{ мм}$** и определении их **перфорации**.

Диаметр труб определяется по расчетному расходу $q_{\text{сб}}, \text{ л/с}$ и рекомендуемой [2] скорости движения воды в устье сборной трубы $V_{\text{сб}}$, которая должна быть не более 0,5 м/с расчетом или по **таблицам** [4].

Расход воды через **каждую** сборную дырчатую **трубу $q_{\text{сб}}, \text{ м}^3/\text{ч}$** , и переводим \rightarrow л/с, $\text{м}^3/\text{с}$,

$$q_{\text{сб}} = 0,5 \times [(1 - K_{\text{р.в}}) \times q_{\text{расч}} - q_{\text{п}}],$$

где $q_{\text{п}}$ - потери воды при продувке одного осветлителя, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$q_{\Pi} = (q_{\text{РАСЧ}} + P_{\text{ОС}}) / 100;$$

$P_{\text{ОС}}$ - количество воды, теряемое при сбросе осадка (не более 8 %).

$$P_{\text{ОС}} = 100 \times (C_{\text{И}} - C_{\text{К}}) / \delta_{\text{СР}},$$

где $C_{\text{К}}$ - количество взвешенных веществ после осветлителя, мг/л, принимается 8-15 мг/л;

$\delta_{\text{СР}}$ - средняя концентрация осадка (по сухому веществу), г/м³, принимается по таблице 9.

Площадь отверстий $f_{\text{ОТВ}}$, м² определяется при скорости входа воды в них $V_{\text{ОТВ}}$ более 1,5 м/с

$$f_{\text{ОТВ}} = q_{\text{СБ}} / V_{\text{ОТВ}},$$

Приняв диаметр отверстия $d_{\text{ОТВ}} = 15-20$ мм, определяется *площадь одного отверстия $f_{\text{ОТВ}}^1$, м²* и *количество отверстий $n_{\text{ОТВ}}$*

$$n_{\text{ОТВ}} = f_{\text{ОТВ}} / f_{\text{ОТВ}}^1.$$

Таблица 9 - средняя концентрация твердой фазы в осадке, г/м³ (таблица 19 [2])

Мутность исходной воды, $C_{\text{И}}$, мг/л	Применяемые реагенты	Средняя по высоте осадочной части отстойника концентрация твердой фазы в осадке, г/м ³ , при интервалах между сбросами осадка, ч		
		6	12	24 и более
до 50	коагулянт	9000	12000	15000
50-100	коагулянт	12000	16000	20000
100-400	коагулянт	20000	32000	40000
400-1000	коагулянт	35000	50000	60000
1000-1500	коагулянт	80000	100000	120000
св. 1500	коагулянт	90000	140000	160000
св. 1500	без реагентов	200000	250000	300000

Проверяем фактическую скорость входа воды в отверстие сборной трубы $V_{\text{ОТВ}}^{\Phi}$, м/с

$$V_{\text{ОТВ}}^{\Phi} = n \times q_{\text{СБ}} / f_{\text{ОТВ}}^1, \text{ должна быть не менее } 1,5 \text{ м/с.}$$

На сборных трубах при их выходе в сборный канал осветленной воды, предусматривается установка задвижки. Задвижка принимается по [4] в зависимости от $d_{\text{СБ}}$, мм, характеристика которой заносится в *таблицу 10*.

Перепад отметок между низом сборной трубы и уровнем воды в общем сборном канале осветлителя следует принимать не менее 0,4 м.

Таблица 10 - Размеры задвижки (ГОСТ 8437)

Ду, мм	Н, мм	Do, мм	Размеры присоединительных фланцев (ГОСТ 1235), мм			Масса, кг
			D	D ₁	D ₂	
$d_{\text{СБ}}$						

6.6 Определение высоты осветлителя

Высота осветлителя считается от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов $H_{\text{ОСВ}}$, м

$$H_{\text{ОСВ}} = (b_{\text{К}} - 2 \times b_{\text{Ж}}) / 2 \times \text{tg } 0,5 \alpha,$$

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

Высота пирамидальной части осветлителя $h_{\text{ПИР}}$, м

$$h_{\text{ПИР}} = (b_{\text{К}} - a) / 2 \text{ tg } 0,5 \alpha_1,$$

где a - ширина коридора по низу, м, принимается 0,4 м;

α_1 - центральный угол наклона стенок коридора к горизонтали, $\alpha_1 = 60-70^\circ$.

Высота вертикальных стенок $h_{\text{ВЕРТ}}$, м осветлителя в пределах взвешенного слоя должна быть не менее 1-1,5 м.

$$h_{\text{ВЕРТ}} = H_{\text{ОСВ}} - h_{\text{ЗАЩ}} - h_{\text{ОК}} - h_{\text{ПИР}},$$

где $h_{\text{ЗАЩ}}$ - высота защитного слоя над перепускными окнами; принимается 1,5 м для мутных и 2 м для цветных вод.

Если $h_{\text{ВЕРТ}}$ **не вошла в пределы** 1-1,5 м, надо **изменить высоту осветлителя** $H_{\text{ОСВ}}$, изменив угол α .

Общая высота зоны взвешенного осадка $h_{\text{В.О}}$, м, должна находиться в пределах 2-2,5 м и определяется из соотношения:

$$h_{\text{В.О}} = h_{\text{ВЕРТ}} + 0,5 \times h_{\text{ПИР}}.$$

6.7 Расчет осадкоуплотнителя

Расчет заключается в определении **необходимого объема** осадкоуплотнителя W , м^3 , продолжительности уплотнения осадка T , ч и **расчете шламоотводящих труб**.

Рабочий объем осадкоуплотнителя W , м^3 при двух осадкоотводных (шламоотводящих) трубах:

$$W = \ell_{\text{КОР}} \times [b_{\text{О.У}} \times h_{\text{ВЕРТ}} + 2 (0,5 \times h_{\text{ПИР}} \times b_{\text{О.У}} / 2)],$$

при одной трубе

$$W = \ell_{\text{КОР}} \times [b_{\text{О.У}} \times h_{\text{ВЕРТ}} + (0,5 \times h_{\text{ПИР}} \times b_{\text{О.У}} / 2)].$$

Время накопления осадка T , ч

$$T = W \times \delta_{\text{СР}} / q_{\text{ОС}},$$

где $q_{\text{ОС}}$ - количество взвешенных веществ, поступающих в осадкоуплотнитель, кг/ч

$$q_{\text{ОС}} = C_{\text{И}} \times q_{\text{РАСЧ}}.$$

Расчетное время T , ч **должно превышать** время, принятое при определении концентрации осадка в воде (из *таблицы 9*).

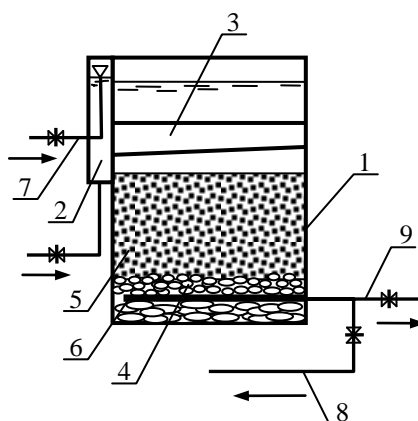
Дырчатые трубы для удаления осадка (шлама) располагаются по продольной оси дна, где сходятся наклонные стенки осадкоуплотнителя.

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.



1 - корпус фильтра; 2 - боковой карман фильтра; 3 - желоб; 4- дренаж фильтра; 5 - зернистая фильтрующая загрузка; 6 - поддерживающий слой; 7 - подача осветляемой воды на фильтр; 8 - отвод фильтрата; 9 - подача промывной воды в фильтр.

Рисунок 6 - Схема скорого фильтра

7.1 Определение размеров фильтра

Общая площадь фильтрации F_{Φ} , m^2 вычисляется по формуле (п.6.98 [2])

$$F_{\Phi} = Q_{\text{РАСЧ}} / (T_{\text{СТ}} \times V_{\Phi} - 3,6 \times n \times \omega \times t_1 - n \times t_2 \times V_{\Phi}),$$

где $T_{\text{СТ}}$ - продолжительность работы станции в течение суток, ч, принимаем круглосуточную работу ВОС т.е. $T_{\text{СТ}}=24$ ч;

V_{Φ} - 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 x м²);
 t_1 - принятая продолжительность промывки, ч;
 t_2 - время простоя фильтра при промывке, принимается в соответствии с п.6.98 [2]
 0,33 ч.

Интенсивность промывки ω , л/(с x м²) и ее **продолжительность** t_1 , 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 x м ²)	Продолжительность промывки, t_1 , 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	6-5	45
	14-16		30
	16-18		25
СФ с двухслойной загрузкой	16-18	7-6	50

Площадь одного фильтра, f , м² определяется

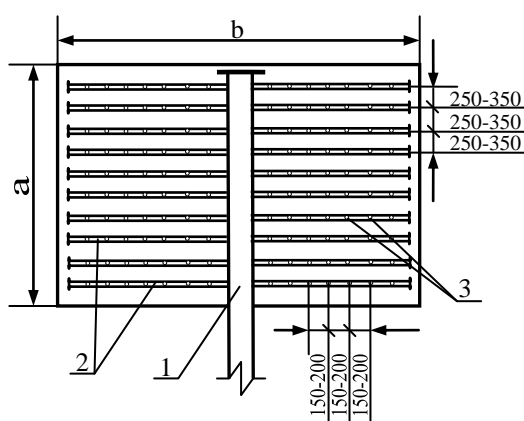
$$f = F_{\Phi} / N.$$

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

При **площади** фильтра **менее 40 м²** принимают конструкцию фильтров с **боковым карманом**, при **большой** площади - рекомендуется проектировать фильтры с **центральной** 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 - 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 $q_{\text{ПР}}$, л/с

$$q_{\text{ПР}} = f \times \omega, \rightarrow \text{м}^3/\text{с},$$

Диаметр центрального коллектора $D_{\text{КОЛ}}$, мм определяется

$$D_{\text{КОЛ}} = [4 \times q_{\text{ПР}} / (\pi \times V_{\text{К}})]^{0,5}$$

где $V_{\text{К}}$ - скорость движения воды в коллекторе, м/с принимается 1,0-1,5 м/с;

По *таблице 7* выписываем соответствующий наружный диаметр коллектора $D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}$, мм, тогда *длина одного ответвления* $l_{\text{ОТ}}$, м будет

$$l_{\text{ОТ}} = 0,5 \times (b - D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}).$$

Площадь фильтра, приходящаяся *на одно ответвление* $f_{\text{ОТВ}}$, м^2 определяется

$$f_{\text{ОТВ}} = 0,5 \times (b - D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}) \times m,$$

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

Количество ответвлений $N_{\text{ОТВ}}$, *шт* составляет

$$N_{\text{ОТВ}} = F_{\text{Ф}} / f_{\text{ОТВ}},$$

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* $q_{\text{ОТВ}}$, л/с составляет

$$q_{\text{ОТВ}} = f_{\text{ОТВ}} \times \omega.$$

Скорость движения *в ответвлениях*, по рекомендации п.6.106 [2], *не должна превышать* $V_{\text{ОТВ}} = 1,5-2,0$ м/с. По скорости $V_{\text{ОТВ}}$, м/с и расходу $q_{\text{ОТВ}}$, л/с по [4] подбираем соответствующий *диаметр ответвлений* $d_{\text{ОТВ}}$, мм.

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

- диаметр отверстий $d_{\text{О}}$, мм (принимаются 10-12 мм);
- общая площадь отверстий должна составлять 0,25-0,50 % от $F_{\text{Ф}}$, м^2 ;
- отверстия располагаются *в нижней части* ответвлений *в два ряда* в шахматном порядке под углом 45° к вертикали.

Общая площадь всех отверстий $\Sigma f_0, м^2$ составляет

$$\Sigma f_0 = (0,25 - 0,50) \times F_{\Phi} / 100$$

Зная $d_0, мм$, определяется площадь одного отверстия $f_0, м^2$, общее количество отверстий $N_0 = \Sigma f_0 / f_0$, шт и количество отверстий, приходящееся на одно ответвление $N_0^1 = N_0 / N_{отв}$, шт.

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

7.3 Расчет верхней распределительной системы

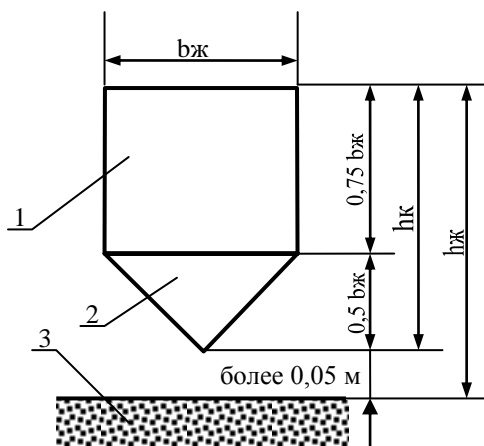
Предназначена для равномерного распределения осветляемой воды по поверхности фильтрующей загрузки и для равномерного сбора и отвода грязной промывной воды при промывке фильтрующего слоя. Выполняется в виде железобетонных (металлических, пластмассовых) желобов с прямоугольной верхней частью поперечного сечения и треугольной (полукруглой) - нижней (см. рисунок 8).

Количество желобов $N_{ж}$, шт зависит от ширины фильтра $b, м$, принимается с учетом рекомендуемого [2] расстояния между осями 1,5-2,2 м. Кромки всех желобов должны быть на одном уровне, строго горизонтальными.

Расход промывной воды $q_{ж}, л/с$, поступающей в один желоб

$$q_{ж} = q_{пр} / N_{ж}, \rightarrow м^3/с,$$

Размеры желоба $b_{ж}, h_{ж}$ в м и скорость движения воды $V_{ж}$ в м/с определяются по таблице 14 в зависимости от $q_{ж}, м^3/с$ и принятой величины A - отношения высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимают 1,0-1,5.



1 - прямоугольное сечение желоба; 2 - лоток желоба; 3 - фильтрующая загрузка

Рисунок 8 - Схема расположения желоба в фильтре

Высота кромки желоба $h_{ж}, м$ над поверхностью фильтрующей загрузки определяется по рекомендации п.6.113 [2], по формуле

$$h_{ж} = (H \times e / 100) + 0,3,$$

где Н - высота фильтрующего слоя в м, принимается по *таблице 11*;
 е - относительное расширение фильтрующей загрузки в %, принимается по *таблице 11*.

В случае, когда $h_K > h_{Ж}$, надо увеличить величину $h_{Ж}$, м

$$h_{Ж} = h_K + 0,05.$$

В фильтрах со сборным карманом следует не допускать создание подпора на выходе из желоба в карман.

Расстояние от дна желоба до дна кармана (канала) $H_{КАН}$, м определяется по [2], по формуле

$$H_{КАН} = 1,73 \times [q_{ПР}^2 / (g \times B_{КАН}^2)]^{1/3} + 0,2$$

где $B_{КАН}$ - ширина кармана (канала) в м, принимается конструктивно из соображений размещения в нем арматуры, но не менее 0,7 м.

Уровень воды в кармане, с учетом подпора, создаваемого трубопроводом, отводящим промывную воду, должен быть **на 0,2 м** ниже желоба.

Таблица 14 - Зависимость сечения желоба от расхода воды

Расчетный расход воды $q_{Ж}$, м ³ /с	Желоба с треугольными основаниями					
	А = 1			А = 1,5		
	$b_{Ж}$, м	$h_{Ж}$, м	$V_{Ж}$, м/с	$b_{Ж}$, м	$h_{Ж}$, м	$V_{Ж}$, м/с
0,060	0,40	0,48	0,50	0,34	0,51	0,52
0,065	0,42	0,50	0,50	0,35	0,52	0,53
0,070	0,43	0,51	0,50	0,36	0,53	0,54
0,075	0,44	0,52	0,51	0,37	0,54	0,55
0,080	0,45	0,53	0,51	0,38	0,55	0,56
0,085	0,46	0,54	0,52	0,39	0,56	0,56
0,090	0,47	0,55	0,53	0,40	0,57	0,56
0,095	0,48	0,56	0,55	0,41	0,58	0,57
0,100	0,49	0,57	0,55	0,41	0,59	0,59
0,105	0,50	0,58	0,56	0,42	0,60	0,60
0,110	0,51	0,59	0,56	0,43	0,61	0,60
0,115	0,52	0,60	0,56	0,44	0,62	0,60
0,120	0,53	0,61	0,57	0,45	0,63	0,60
0,125	0,54	0,62	0,57	0,45	0,64	0,61
0,130	0,55	0,63	0,57	0,46	0,66	0,61
0,135	0,56	0,64	0,58	0,47	0,67	0,61
0,140	0,57	0,65	0,58	0,47	0,67	0,62

Скорые фильтры **промываются чистой водой** (фильтратом) и **потери полезной производительности P , %** не должны превышать 5-8 %.

$$P = 100 \times (q_{ПР} \times N) / (q_{Ч} \times T) = (100 \times \omega \times F_{Ф} \times t_1 \times 60) / (1000 \times q_{Ч} \times T),$$

где Т - продолжительность работы фильтра между промывками (полезный фильтрацикл), ч включает

$$T = T_1 - (t_1 + t_2),$$

T_1 - время между промывками, принимается 8 ч - для песчаных и 12 ч - для двухслойных загрузок [5,6];

t_1 - продолжительность промывки, ч принимается по *таблице 13*;

t_2 - время простоя фильтра в связи с операциями по промывке, ч принимается 0,33 ч.

Скорость фильтрования на фильтрах при промывке одного из них может приниматься постоянной или увеличивающейся на 20 %.

7.4 Определение потерь при промывке скорого фильтра

По величине потерь напора при промывке скорого фильтра подбираются промывные насосы, которые устанавливаются на насосной станции второго подъема НС-II.

Потери напора $H_{об}$, м складываются из потерь напора в самом фильтре и соединительных коммуникациях.

Потери напора в распределительной системе $h_{РС}$, м

$$h_{РС} = \zeta \times (V_K)^2 / 2g + (V_{отв})^2 / 2g,$$

где ζ - коэффициент сопротивления, рассчитывается по формуле

$$\zeta = (2,2 / K_{\Pi}^2) + 1,$$

K_{Π} - коэффициент перфорации: отношение суммарной площади отверстий к площади поперечного сечения коллектора (трубы);

V_K , $V_{отв}$ - расчетная скорость воды в центральной трубе и ответвлениях соответственно, м/с.

Потери напора в поддерживающих слоях гравия $h_{ПС}$, м

$$h_{ПС} = 0,022 \times H_{ПС} \times \omega,$$

где $H_{ПС}$ - высота поддерживающего слоя, м рассчитывается по *таблице 12*;

ω - интенсивность промывки фильтра, л/(с x м²), из *таблицы 13*.

Потери напора в фильтрующем слое $h_{ФС}$, м

$$h_{ФС} = (a + v \times \omega) \times H_{Ф},$$

где a и v - параметры, зависящие от типа фильтрующей загрузки и ее фракционного состава:

песок крупностью, мм	a	v
0,5-1,0	0,76	0,017
1,0-2,0	0,85	0,004

$H_{Ф}$ - высота фильтрующего слоя, м принимается по *таблице 11*.

Потери напора в трубопроводе, $h_{ТР}$, м подающем промывную воду к центральной трубе распределительной системы

$$h_{ТР} = I \times \ell + \sum h_M,$$

где I - единичная потеря напора в трубопроводе при расчетной скорости $V_{ТР} = 1,2-2,0$ м/с и диаметре трубопровода, принимается по [4];

ℓ - длина трубопровода, м (можно принять равной 100 м);

$\sum h_M$ - сумма местных потерь напора в фасонных частях и арматуре, на трубопроводе от промывного насоса до дальнего фильтра, м вычисляется

$$\sum h_M = \sum \zeta \times (V_{ТР})^2 / 2g,$$

где $\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местного сопротивления фасонных частей и арматуры, m можно ориентировочно принять: 2 задвижки ($\zeta=0,26$), 3 отвода ($\zeta = 0,984$) и три тройника ($\zeta = 0,92$).

Потери напора на образование скорости h_{OC} , м во всасывающем и напорном патрубках промывного насоса, принимаются равными 0,5 м.

Потери напора при промывке скорого фильтра, м вычисляются как сумма вышеперечисленных потерь напора и не должны превышать 8-9 м

$$H_{OB} = h_{PC} + h_{ПC} + h_{FC} + h_{TP} + h_{OC}.$$

Геометрическая высота подъема воды h_{geom} , м от уровня пожарного запаса в резервуаре чистой воды до верхней кромки желобов, вычисляется

$$h_{geom} = h_{Ж} + H_{Ф} + H_{ПC} + H_{РВЧ}^{РЕГ},$$

где $h_{Ж}$ - расчетная высота кромки желоба над поверхностью фильтрующей загрузки, м;

$H_{Ф}, H_{ПC}$ - высота фильтрующего и поддерживающего слоев, м;

$H_{РВЧ}^{РЕГ}$ - высота регулирующего слоя воды в РВЧ, м принимается 4 м.

Напор промывного насоса H , м должен быть

$$H = h_{geom} + H_{OB} + h_3,$$

где h_3 - запас напора на первоначальное загрязнение фильтрующей загрузки, м принимается равным 15 м.

7.5 Гидравлический расчет трубопроводов ВОС

Заключается в подборе диаметров трубопроводов общего пользования. Трубопроводы принимаются из стальных труб [4].

Размеры трубопроводов (каналов), обслуживающих фильтры, рассчитываются при их работе в **форсированном режиме**, на расчетный расход одного фильтра $q_{Ф1}$, л/с. Результаты расчета заносятся в *таблицу 15*.

$$q_{Ф1} = (N - 1) \times Q_{РАСЧ} / (24 \times 3,6).$$

Таблица 15 - Гидравлический расчет трубопроводов ВОС

Наименование трубопроводов	Расчетные расход воды, л/с	Расчетные скорости, м/с	Диаметр трубопровода, мм	Рекомендуемые скорости, м/с
Подача воды на все фильтры	q_c			0,8-1,2
Подача воды на один фильтр	$q_{Ф1}$			0,8-1,2
Подача фильтрата в РЧВ, от всех фильтров	q_c			1,0-1,5
Подача промывной воды в фильтр	$q_{ПР}$			1,5-2,0
Отвод грязной промывной воды от фильтра	$q_{ПР}$			1,5-2,0

8 ВЫПОЛНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Графическая часть проекта выполняется в карандаше на ватмане формата А1. На чертеже должен быть представлен Генплан ВОС, план 1 этажа станции и разрез фильтровального зала или отдельного сооружения (по заданию руководителя проекта).

На плане 1 этажа выполняется компоновка фильтровального зала по результатам расчетов, выполненных в пояснительной записке, с соблюдением требований соответствующей нормативной литературы [2,5].

При выполнении графической части необходимо ориентироваться на типовой проект, ближайшей к расчетной производительности ВОС.

Чертеж выполняется в абсолютных отметках, в соответствии с расчетной высотной схемой станции.

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 Кожин 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.

7.1 Определение размеров фильтра

Общая площадь фильтрации F_{Φ} , m^2 вычисляется по формуле (п.6.98 [2])

$$F_{\Phi} = Q_{\text{РАСЧ}} / (T_{\text{СТ}} \times V_{\Phi} - 3,6 \times n \times \omega \times t_1 - n \times t_2 \times V_{\Phi}),$$

где $T_{\text{СТ}}$ - продолжительность работы станции в течение суток, ч, принимаем круглосуточную работу ВОС т.е. $T_{\text{СТ}} = 24$ ч;

V_{Φ} - 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 \times m^2);

t_1 - принятая продолжительность промывки, ч;

t_2 - время простоя фильтра при промывке, принимается в соответствии с п.6.98 [2] 0,33 ч.

Площадь одного фильтра, f , m^2 определяется

$$f = F_{\Phi} / N.$$

По величине f , m^2 определяются размеры фильтра (**ширина b , m и длина a , m**), которые согласовываются с соответствующим типовым проектом ВОС. **Фильтры проектируются прямоугольными** (квадратными) в плане.

При **площади** фильтра **менее 40 m^2** принимают конструкцию фильтров с **боковым карманом**, при **большей** площади - рекомендуется проектировать фильтры с **центральной** распределительным карманом.

7.2 Расчет 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 $q_{\text{ПР}}$, л/с

$$q_{\text{ПР}} = f \times \omega, \rightarrow m^3/c,$$

Диаметр центрального коллектора $D_{\text{КОЛ}}$, мм определяется

$$D_{\text{КОЛ}} = [4 \times q_{\text{ПР}} / (\pi \times V_{\text{К}})]^{0,5}$$

где $V_{\text{К}}$ - скорость движения воды в коллекторе, м/с принимается 1,0-1,5 м/с;

По **таблице 7** выписываем соответствующий наружный диаметр коллектора $D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}$, мм, тогда **длина одного ответвления $l_{\text{ОТ}}$, м** будет

$$l_{\text{ОТ}} = 0,5 \times (b - D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}).$$

Площадь фильтра, приходящаяся **на одно ответвление $f_{\text{ОТВ}}$, m^2** определяется

$$f_{\text{ОТВ}} = 0,5 \times (b - D_{\text{КОЛ}}^{\text{H}}) \times m,$$

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

Количество ответвлений $N_{\text{отв}}$, шт составляет

$$N_{\text{отв}} = F_{\Phi} / f_{\text{отв}},$$

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 $q_{\text{отв}}$, л/с составляет

$$q_{\text{отв}} = f_{\text{отв}} \times \omega.$$

Скорость движения *в ответвлениях*, по рекомендации п.6.106 [2], *не должна превышать* $V_{\text{отв}} = 1,5-2,0$ м/с. По скорости $V_{\text{отв}}$, м/с и расходу $q_{\text{отв}}$, л/с по [4] подбираем соответствующий *диаметр ответвлений $d_{\text{отв}}$, мм*.

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

- диаметр отверстий d_o , мм (принимаются 10-12 мм);
- общая площадь отверстий должна составлять 0,25-0,50 % от F_{Φ} , м² ;
- отверстия располагаются *в нижней части* ответвлений *в два ряда в шахматном* порядке под углом 45° *к вертикали*.

Общая площадь всех отверстий Σf_o , м² составляет

$$\Sigma f_o = (0,25 - 0,50) \times F_{\Phi} / 100$$

Задав d_o , мм, определяется *площадь* одного *отверстия f_o , м²*, *общее количество отверстий $N_o = \Sigma f_o / f_o$* , шт и *количество отверстий*, приходящееся на *одно ответвление $N_o^1 = N_o / N_{\text{отв}}$* , шт.

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

7.3 Расчет верхней распределительной системы

Предназначена для равномерного *распределения* осветляемой *воды* по поверхности фильтрующей загрузки и для равномерного *сбора и отвода* грязной *промывной воды* при промывке фильтрующего слоя. Выполняется в виде *железобетонных* (металлических, пластмассовых) *желобов* с прямоугольной верхней частью поперечного сечения и треугольной (полукруглой) - нижней (см. *рисунок 8*).

Количество желобов $N_{\text{ж}}$, шт зависит от *ширины фильтра b , м*, принимается с учетом рекомендуемого [2] *расстояния между осями* 1,5-2,2 м. Кромки всех желобов должны быть на одном уровне, строго горизонтальными.

Расход промывной воды $q_{\text{ж}}$, л/с, поступающей в один желоб

$$q_{\text{ж}} = q_{\text{пр}} / N_{\text{ж}}, \rightarrow \text{м}^3/\text{с},$$

Размеры желоба $b_{\text{ж}}$, $h_{\text{ж}}$ в м и скорость движения воды $V_{\text{ж}}$ в м/с определяются по таблице 14 в зависимости *от $q_{\text{ж}}$, м³/с* и принятой *величины A* - отношения высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимают 1,0-1,5.

Высота кромки желоба $h_{\text{ж}}$, м над поверхностью фильтрующей загрузки определяется по рекомендации п.6.113 [2], по формуле

$$h_{\text{ж}} = (H \times e / 100) + 0,3,$$

где H - высота фильтрующего слоя в м, принимается по *таблице 11*;
 e - относительное расширение фильтрующей загрузки в %,
В случае, когда $h_{\text{к}} > h_{\text{ж}}$, надо увеличить величину $h_{\text{ж}}$, м

$$h_{\text{ж}} = h_{\text{к}} + 0,05.$$

В фильтрах со сборным карманом следует не допускать создание подпора на выходе из желоба в карман.

Расстояние от дна желоба до дна кармана (канала) $H_{\text{КАН}}$, м определяется по [2], по формуле

$$H_{\text{КАН}} = 1,73 \times [q_{\text{ПР}}^2 / (g \times B_{\text{КАН}}^2)]^{1/3} + 0,2$$

где $B_{\text{КАН}}$ - ширина кармана (канала) в м, принимается конструктивно из соображений размещения в нем арматуры, но не менее 0,7 м.

Уровень воды **в кармане**, с учетом подпора, создаваемого трубопроводом, отводящим промывную воду, должен быть **на 0,2 м** ниже желоба.

Скорые фильтры **промываются чистой водой** (фильтратом) и **потери полезной производительности P , %** не должны превышать 5-8 %.

$$P = 100 \times (q_{\text{ПР}} \times N) / (q_{\text{ч}} \times T) = (100 \times \omega \times F_{\text{Ф}} \times t_1 \times 60) / (1000 \times q_{\text{ч}} \times T),$$

где T - продолжительность работы фильтра между промывками (полезный фильтрацикл), ч включает

$$T = T_1 - (t_1 + t_2),$$

T_1 - время между промывками, принимается 8 ч - для песчаных и 12 ч - для двухслойных загрузок [5,6];

t_1 - продолжительность промывки, ч принимается по *таблице 13*;

t_2 - время простоя фильтра в связи с операциями по промывке, ч принимается 0,33 ч.

Скорость фильтрования на фильтрах при промывке одного из них может приниматься постоянной или увеличивающейся на 20 %.