

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

А.М. Исаева, А.С. Кочергин

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для подготовки бакалавров и магистров по направлениям 08.03.01
и 08.04.01 – «Строительство»

Пенза 2015

УДК 628.334.1/.5(075.8)

ББК 38.761.2 я 73

И85

Рецензенты: кафедра «Водоснабжение и водоотведение» Самарского ГАСУ (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор А.К. Стрелков);

заместитель технического директора по инновациям и инвестициям ООО «Горводоканал» г. Пензы П.В. Пивоваров

Исаева А.М.

И85 Очистка сточных вод. Проектирование сооружений механической очистки: учеб. пособие / А.М. Исаева, А.С. Кочергин. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 156 с.
ISBN 978-5-9282-1296-4

Приведены основные положения по технологическому расчету сооружений механической очистки сточных вод: решеток, решеток-дробилок, песколовок, первичных отстойников различных конструкций, а также сооружений по интенсификации процесса первичного отстаивания. Даны рекомендации по выбору типов сооружений с учетом типовых проектов. Рассмотрены принципиальные расчетные и компоновочные схемы групп сооружений. Изложены рекомендации по выбору измерительных устройств, смесителей и конструкций выпусков очищенных сточных вод в водоемы.

Пособие подготовлено на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и предназначено для использования обучающимися по направлениям 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» при изучении дисциплин и при выполнении курсовых проектов, выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций по курсам «Очистка сточных вод», «Основы промышленного водоотведения», «Оборудование и сооружения станций очистки сточных вод» и «Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод».

ISBN 978-5-9282-1296-4

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015

© Исаева А.М., Кочергин А.С., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для использования обучающимися по направлениям 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» при изучении дисциплин «Очистка сточных вод», «Основы промышленного водоотведения», «Оборудование и сооружения станций очистки сточных вод» и «Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод», а также при выполнении курсовых проектов и работ, бакалаврских квалификационных работ и магистерских диссертаций.

Учебное пособие состоит из девяти разделов.

В первом разделе рассматриваются конструкции приемных камер и самотечных каналов на канализационных очистных сооружениях. Приведены расчеты этих сооружений.

Второй раздел посвящен сооружениям для задержания грубодисперсных примесей из сточных вод. Приведены основные расчетные параметры, методики расчетов, конструктивные схемы решеток различных типов.

В третьем разделе представлены конструктивные схемы, методики расчета, расчетные параметры сооружений для выделения минеральных примесей – песколовок различных конструкций. Даны также компоновочные схемы сооружений.

Четвертый раздел посвящен сооружениям для обезвоживания песка – песковым площадкам, песковым бункерам и сепараторам песка. Приведены расчеты сооружений, а также компоновочные схемы.

Типы водоизмерительных лотков, рекомендации по их проектированию, характеристики и схемы рассмотрены в пятом разделе.

В шестом разделе даны рекомендации по проектированию, основные размеры и схемы смесителей на очистных сооружениях канализации.

В седьмом разделе основное внимание уделено выпускам очищенных сточных вод в водоёмы. Приведены схемы различных типов выпусков, рекомендации по их проектированию.

В восьмом разделе рассмотрены различные типы конструкций сооружений для осветления сточной жидкости – первичные канализационные отстойники. Приведены методики расчетов сооружений, конструктивные и компоновочные схемы, нормативные расчетные параметры и технические характеристики отстойников.

Сооружения для интенсификации осветления сточных вод – осветлители с естественной аэрацией, биокоагуляторы и преаэраторы – описаны в девятом разделе. Даны методики расчетов, расчетные параметры сооружений, а также конструктивные и компоновочные схемы, характеристики сооружений по интенсификации первичного отстаивания.

В результате изучения пособия студент должен:

- знать нормативную базу в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1);

научно-техническую информацию отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности (ПК-13);

- уметь проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-3);

- владеть методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и автоматизированных систем проектирования (ПК-2).

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам пособия за замечания и советы, сделанные при рецензировании рукописи, а также всем, кто содействовал подготовке к изданию пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности, рост городов и населенных пунктов, повышение степени их благоустройства требуют решения проблемы предотвращения отрицательного воздействия деятельности человека на окружающую природную среду, в том числе охраны воздуха, почв, грунтовых вод и водоемов от загрязнения сточными водами и осадками.

Проектирование, строительство, реконструкция и грамотная эксплуатация сооружений, предназначенных для очистки городских и промышленных сточных вод, обработки образующихся осадков, являются важнейшими элементами системы охраны окружающей природной среды.

В последнее десятилетие правительством Российской Федерации приняты законы, в которых уделяется исключительное внимание вопросам охраны окружающей среды: «Об охране окружающей природной среды», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Об экологической экспертизе», «Об отходах производства и потребления», «О водоснабжении и водоотведении» [33] и др.

Механическая очистка при обработке городских сточных вод является предварительной стадией перед биологической очисткой. К сооружениям механической очистки относят: решетки, сита, песколовки, гидроциклоны, отстойники и сооружения по интенсификации процессов отстаивания. Сооружения, на которых осуществляется механическая очистка, располагаются в технологической последовательности, обеспечивающей извлечение вначале наиболее крупных частиц загрязнений с размером более 1 мм (решетки, сита), затем веществ минерального происхождения, главным образом песка (песколовки различных типов, гидроциклоны), и, наконец, основной массы мелкой взвеси (отстойники различных типов, осветлители, биокоагуляторы, преаэраторы). Всплывающие вещества (жиры, масла, нефтепродукты, смолы и др.) также удаляются в отстойниках. Сооружения механической очистки сточных вод, традиционно применяемые на городских станциях очистки, снижают концентрацию взвешенных веществ в среднем на 40–60 %, органических загрязнений – на 20–40 % от исходной концентрации загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения.

В учебном пособии приведены основные материалы по расчетам и конструкциям сооружений механической очистки сточных вод, типовые решения компоновки сооружений, исключая необходимость использования большого перечня дополнительной справочно-нормативной литературы.

1. ПРИЕМНАЯ КАМЕРА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. РАСЧЕТ КАНАЛОВ

Сточные воды на очистную станцию канализации могут поступать по самотечному коллектору или по напорному трубопроводу.

При напорном поступлении сточных вод на очистную станцию перед ними устраивают приемную камеру для гашения кинетической энергии падающей воды и сопряжения трубопроводов с открытым лотком. Поскольку очистные сооружения, как правило, приподняты над поверхностью земли, то и приемная камера устанавливается на опору из сборных железобетонных колец.

Типовые приемные камеры имеют прямоугольную форму в плане и изготавливаются из железобетонных конструкций (рис. 1).

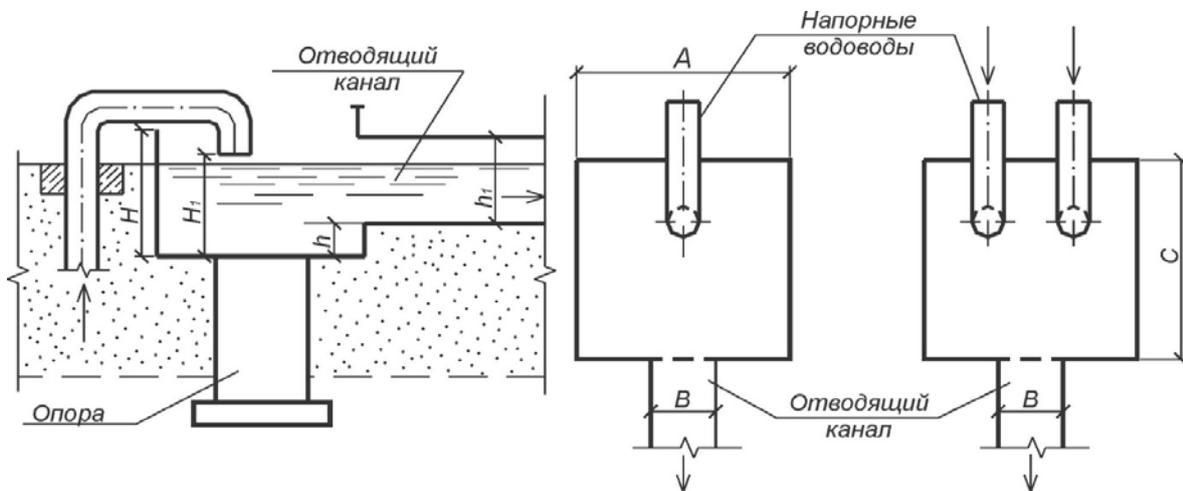


Рис. 1. Приёмная камера

Подача сточных вод в камеру осуществляется по одному или двум водоводам. Подбираются камеры по максимально-часовой подаче насосов по [2, табл. 4.67]. Размеры камер приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Размеры приемных камер канализационных очистных сооружений (при напорном поступлении сточных вод) из сборного железобетона

Расчетный расход сточных вод, м ³ /ч	Размер, мм							Диаметр напорного трубопровода, мм, при подаче сточных вод	
	A	C	H	H ₁	h	h ₁	B	по одной нитке	по двум ниткам
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100-160	1500	1000	1300	1000	400	400	250	150-250	150
250	1500	1000	1300	1000	400	500	350	250	150
400-630	1500	1000	1300	1000	400	650	500	400	250
1000-1250	2000	2300	2000	1600	750	750	600	600	250
1600-2000	2000	2300	2000	1600	750	900	800	700	400

Если расход сточных вод, м^3 , менее или более указанных значений, то камера рассчитывается индивидуально в соответствии со временем пребывания в ней сточных вод (от 10 до 30 с) по формуле

$$W_{\text{н.к}} = q_w \cdot t,$$

где q_w – максимально-часовой расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$.

По найденному значению $W_{\text{н.к}}$ подбираются размеры приемной камеры: $A \times C \times H$ в метрах.

Приемная камера технологически должна иметь максимальную высотную отметку с целью обеспечения самотечного движения сточных вод по очистным сооружениям.

Размеры отводящего канала определяют в результате гидравлического расчета по [6], исходя из скорости движения сточной жидкости в нем 0,7–1,0 м/с, уклона дна канала 0,001–0,008 и отношения глубины потока к его ширине 0,5–0,75 при пропуске расчетного расхода, л/с, с коэффициентом неравномерности, равным 1,4 [1, п.6.14]:

$$q_B = q_{\text{max}} \cdot 1,4,$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточных вод, л/с.

При напорной подаче q_{max} равен максимальной откачке насосов, при самотечной – $q_{\text{max}} = q \cdot K_{\text{gen.max}}$, л/с (q – среднесекундный расход сточных вод, поступающих на очистку, $K_{\text{gen.max}}$ – коэффициент максимальной неравномерности водоотведения сточных вод).

По расходу q_B определяют ширину канала B , скорость движения сточных вод V , уклон дна канала i и степень наполнения $\frac{H}{B}$ по [6].

Канал к одному сооружению рассчитывают на расход, л/с:

$$q_B = \frac{q_{\text{max}}}{n},$$

где n – число рабочих каналов.

Слой воды, m , определяют по формулам:

– в общем канале $h_B = \frac{H}{B} \cdot B$;

– в канале к одному сооружению $h_b = \frac{H}{b} \cdot b$.

Строительная высота, m :

– общего канала $H_{\text{стр}} = h_B + (0,2 - 0,4)$;

– канала к одному сооружению $H_{\text{стр}} = h_b + (0,2 - 0,4)$.

Каналы изготавливают из железобетона, бетона или кирпича.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена приемная камера канализационных очистных сооружений?
2. Какую форму в плане имеют приемные камеры?
3. Каково время пребывания сточных вод в приемной камере?
4. Цель гидравлического расчета общего канала.
5. Как определяется слой воды в каналах на канализационных очистных сооружениях?
6. Как определяется строительная высота каналов?
7. Какова должна быть скорость движения неочищенных сточных вод в каналах на канализационных очистных сооружениях?
8. Назовите степень наполнения сточных вод в самотечных каналах.
9. Из каких строительных материалов изготавливаются каналы на канализационных очистных сооружениях?

2. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДЕРЖАНИЯ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Для задержания крупноразмерных (более 1 мм) отбросов, содержащихся в сточных водах, применяются различные конструкции решеток и сит. Классификация решеток в зависимости от их конструктивного исполнения приведена в табл. 2 [21].

Т а б л и ц а 2

Характеристика решеток и сит

Параметр	Тип решетки (сита)*						
	МГ	РМН	RS-16	RS-35	РДГ	РСФ-01	СЗС
Ширина решетки, мм	2100	2100	1200	1900	1200	1455	3000
Ширина фильтрующей части, мм	810	728; 810	850	1500	950	950	2560
Высота от дна, мм	4500	4500	3300	3500	2500	3252	3000
Длина, мм	2600	2660	1800	1800	1800	1480	6680
Высота выгрузки от пола, мм	900	900	450	450	1500	2070	800
Максимальная глубина канала, мм	3000	3000	1000	3000	1000	1000	4200
Ширина прозоров, мм	16; 12	10; 6	5	3	10	4	1,4
Толщина фильтрующих пластин, мм	10	10	3	3	10	3	
Масса, кг	4500	3750	900	4300	2100	2400	
Максимальный уровень жидкости перед решеткой, мм	2000	2000	600	2000	600	600	3000
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	0,75	1,1	4,0	0,85	1,5	1,5

* МГ – механические грабли; РМН – решетки механизированные наклонные; RS – решетка ступенчатая механическая фирмы "Meva"; РДГ – решетка дуговая гидравлическая; РСФ-01 – решетка ступенчатая механическая; СЗС – плоское щелевое сито.

В большинстве конструкций решетки выполняют из расположенных параллельно друг другу стальных стержней различного сечения, закрепленных в раме для обеспечения их жесткости. Загрязнения, задерживаемые на стержнях при процеживании сточной воды, снимают механическими граблями, которые могут быть расположены перед или после стержней. На рис. 2 приведена схема зарубежной решетки с тонкими стержнями из высококачественной нержавеющей стали. Клиновидное сечение стержней имеет размеры 4×10 мм. Стержни жестко закреплены в придонной части канала и свободны сверху. Установленные на бесконечном гибком приводе грабли снимают загрязнения со стержней и сбрасывают их на транспортер, расположенный за решетками. Кроме транспортеров применяют также спиральные шнеки и системы гидротранспорта отбросов. Решетки выпус-

каются с шириной прозоров от 1 до 50 мм и рабочей шириной от 338 до 1200 мм.

На рис. 3 представлена решетка РМН с прозорами 6 мм, а на рис. 4 – процеживающее устройство – механизированное плоское щелевое сито, собираемое на соединительных шпильках из колосников трапецевидного сечения. Данный агрегат состоит из рамы, в которую вмонтирован процеживающий элемент – плоская щелевая сетка сборной конструкции с прозорами 1,4 мм, и механизма регенерации сетки, состоящего из плоских скребков, закрепленных на двух пластинчатых бесконечных цепях, приводимых в движение мотор-редуктором. Задержанный на сетке мусор непрерывно снимается скребками и сбрасывается в сборный контейнер.

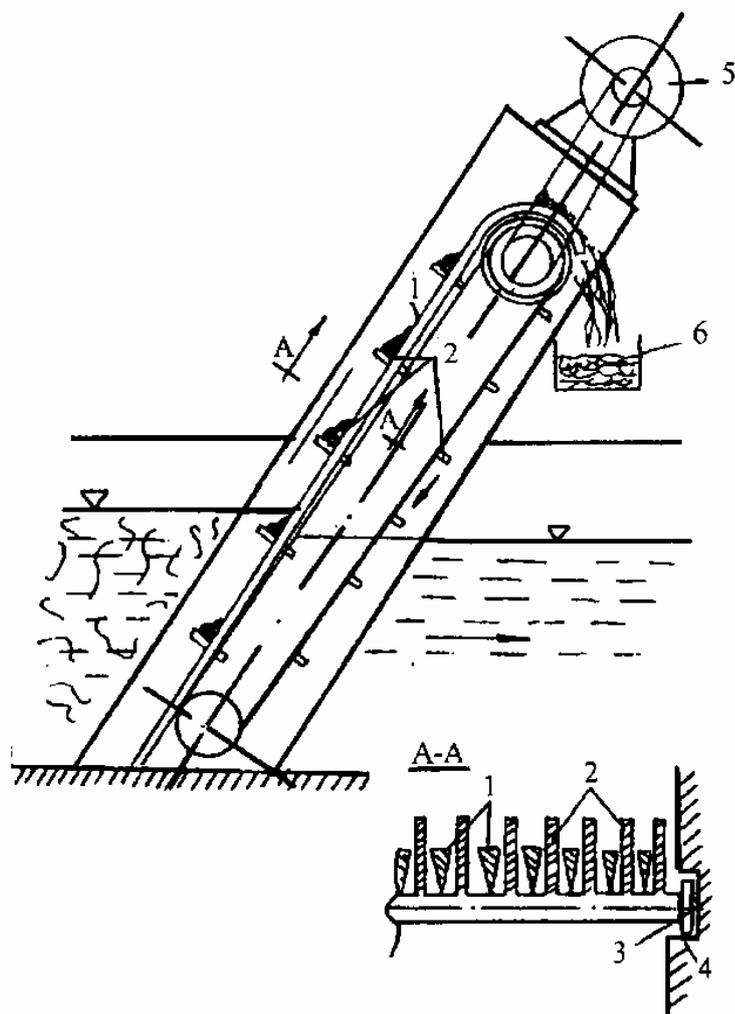


Рис. 2. Схема решетки фирмы «Джоунс энд Аттвуд» (Великобритания):
1 – профиль стержней; 2 – грабли; 3 – опора граблей; 4 – направляющая опоры граблей; 5 – двигатель; 6 – транспортер

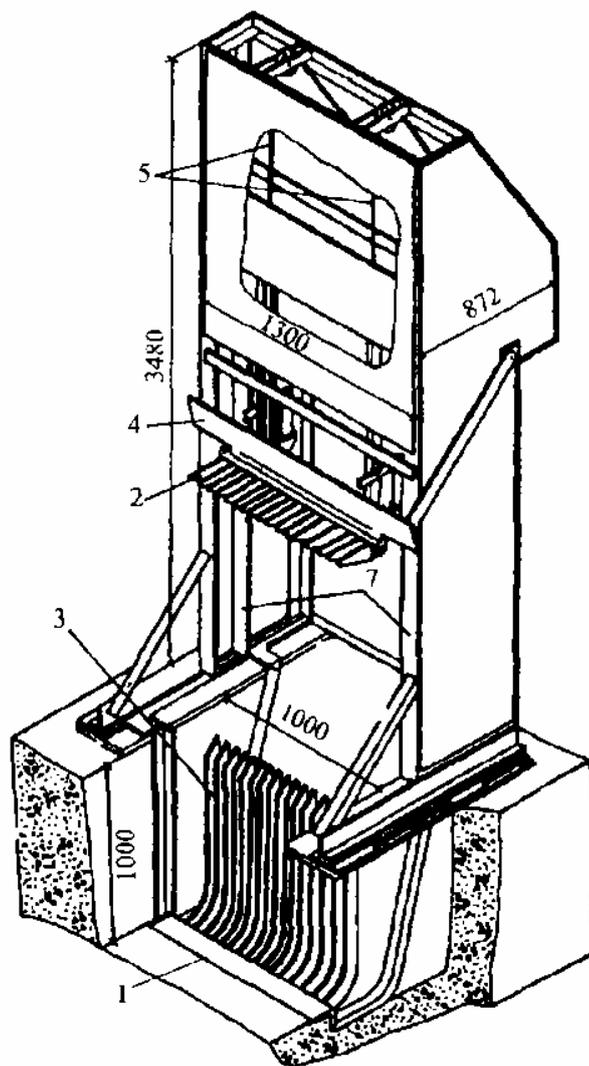


Рис. 3. Решетки с прозорами 6 мм (продольный разрез):
 1 – подводящий канал; 2 – грабли; 3 – стержни решетки; 4 – сбрасыватель;
 5 – канат

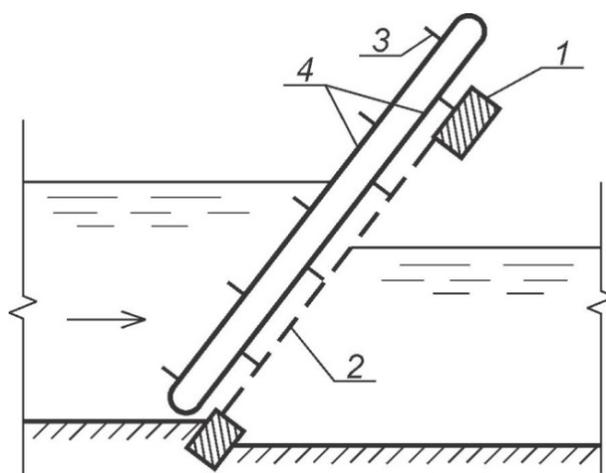


Рис. 4. Механизированные щелевые сита:
 1 – рама; 2 – плоская щелевая сетка; 3 – плоские скребки;
 4 – две пластинчатые бесконечные цепи

Зависимость массы задержанных отбросов от ширины прозоров решетки представлена на рис. 5. Анализируя эту зависимость, можно сделать вывод, что при минимальной ширине прозоров решеток (сит) 1,5-2,0 мм задерживаются практически все крупноразмерные загрязнения, содержащиеся в сточных водах [21].

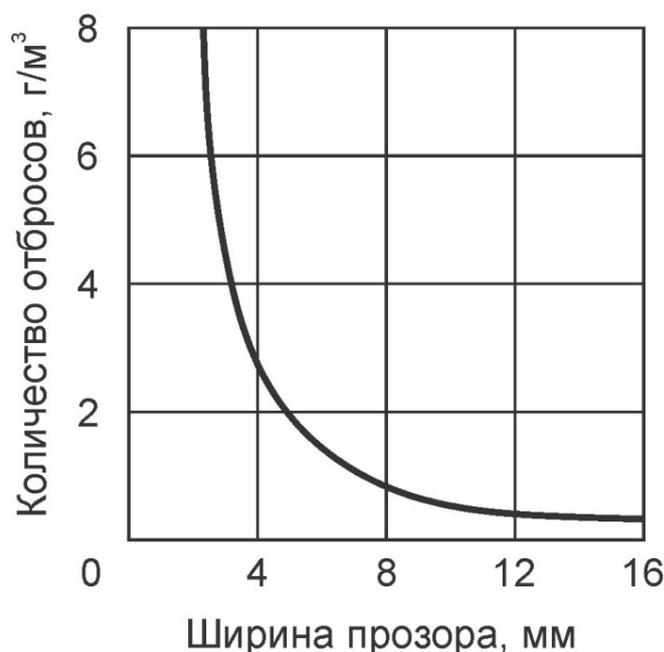


Рис. 5. Зависимость массы задержанных отбросов от ширины прозоров решетки

Для транспортирования отбросов, снимаемых с решеток, используются гидравлические пресс-транспортеры, характеристика которых приведена в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Характеристика транспортеров

Тип и марка пресс-транспортера	Производитель	Производительность пресс-транспортера, м³/ч	Усилие прессования, кгс/см²	Высота подачи, м	Мощность э/двигателя, кВт
ЧШ 14	Разработка МВК НИИпроект	0,9	80	15	4,0
ГПТ-4М	АКХ им. Памфилова	4,0	100	15	5,5
ПТ.000	ЦКБ ТМ	5,0	80	15	10,0

Отбросы, задержанные на решетках, измельчаются в молотковых дробилках и отправляются на переработку, либо сбрасываются в канал

перед решетками, либо вывозятся на полигоны твердых бытовых отходов. В решетках-дробилках отбросы не только задерживаются, но и измельчаются в потоке сточной воды без поднятия их на дневную поверхность.

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом на канализационных очистных сооружениях широкое распространение получили решетки и сита самоочищающиеся. В результате последовательных операций уловленные примеси поднимаются до точки выгрузки и попадают на транспортер.

Так, например, ступенчатые решетки самоочищающиеся тонкой очистки Meva Rotoscreen RS (Ротоскрин) европейских производителей установлены на канализационных очистных сооружениях в Австралии, Германии, Швеции, Нидерландах, Норвегии, Австрии, Польши, России и др. Данный тип решеток выпускается на пропускную способность от 50 до 3000 л/с с шириной прозоров от 1 до 6 мм, но на городских очистных сооружениях чаще используют ширину прозора 3 мм.

Решетка Meva Rotoscreen RS оборудована автоматической антиблокировочной защитой в придонной части, что обеспечивает защиту решетки от песка. Решетка поворачивается на время обслуживания и её легко мыть, для этого не требуется демонтировать существующее оборудование.

Принцип работы решетки следующий. Загрязнения, находящиеся на решетке, посредством подвижной ступени 2 (рис. 6), работающей в круговом цикле, снимаются с неподвижной ступени 1, перемещаются и укладываются на следующую более высокую неподвижную ступень 3. Так шаг за шагом до линии сброса загрязнений. При таком вращении нижняя ступень на короткое время очищается от образующихся на решетке загрязнений. На рабочей поверхности решетки создается ковер загрязнений, который придает дополнительный процеживающий, фильтрующий эффект, превышающий действие прозоров решетки. Рабочая поверхность решетки состоит из набора подвижных и неподвижных пластин. Каждая пластина имеет ступенчатую конструкцию и изготовлена из нержавеющей стали толщиной 3 мм. Таким образом создаются высокая прочность конструкции решетки и постоянный прозор рабочей поверхности даже при повышенных нагрузках.

Монтаж решетки выполняется без углублений, без выемок и без подъема основания канала. Крепление осуществляется с помощью двух опор в верхней части. Поворот наружу решетки можно быстро реализовать с помощью ослабления двух болтов.

Решетки Meva Rotoscreen RS изготавливаются различных моделей, в зависимости от высоты выгрузки загрязнений. В табл. 4 приводится модельный ряд решеток с основными размерами, а на рис. 7 – конструктивная схема.

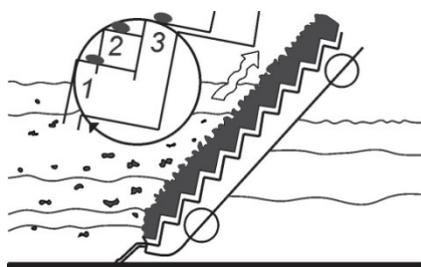


Рис. 6. Решетка Meva Rotoscreen RS:
1, 3 – неподвижные ступени; 2 – подвижная ступень

Т а б л и ц а 4

Модельный ряд решеток Meva Rotoscreen RS
с основными размерами

Модель решетки	Размеры решетки, мм					
	высота выгрузки AH , мм	общая высота H , мм	длина до линии сброса AL , мм	общая длина L , мм	радиус поворота SR , мм	эффективная ширина G , мм
RS 10	1030	1315	1130	1430	1400	300-1800
RS 12	1225	1880	1360	1550	1850	300-1800
RS 14	1380	1950	1475	1765	2300	300-1800
RS 16	1560	2000	1650	1840	2300	300-1800
RS 18	1800	2520	1780	1960	2600	400-1800
RS 19	1910	2400	1658	2003	2618	500-1800
RS 21	2100	2580	1975	2060	2950	400-1800
RS 23	2335	2890	1980	2310	3135	400-1800
RS 24	2400	3350	1950	2120	3150	600-1800
RS 27	2680	3620	2070	2205	3400	600-1800
RS 28	2800	3510	2275	2436	3550	600-1800
RS 29	2910	3557	2413	2676	3826	500-1800
RS 31	3080	3720	2330	2450	3850	600-1800
RS 33	3250	4000	2500	2760	4100	600-1800
RS 35	3480	3827	2791	3082	4625	600-1800
RS 39	3950	4420	3147	3462	5131	600-1400
RS 47	4700	5160	3736	4051	6078	600-1200

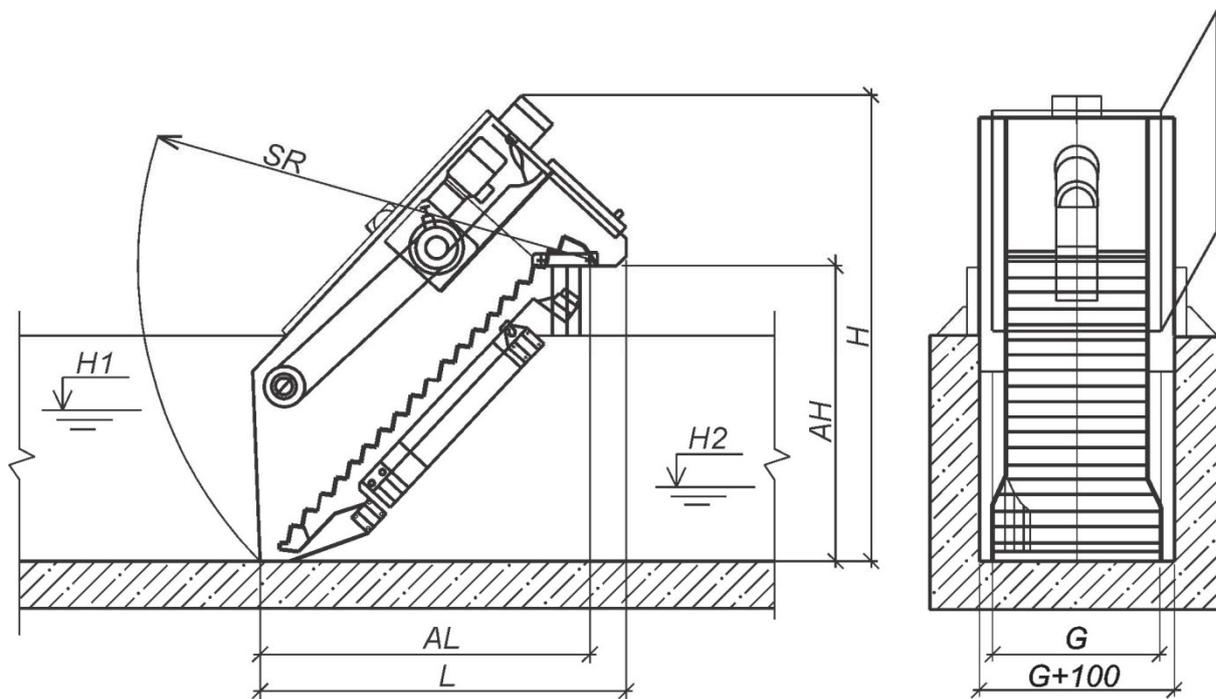


Рис. 7. Конструктивная схема решетки Meva Rotoscreen RS

В России группа компаний «ЭКОМТЕХ» выпускает шесть типоразмеров решеток ступенчатых дуговых гидрофицированных – РДГ, которые устанавливаются в каналах любых размеров на канализационных очистных сооружениях и канализационных насосных станциях. На рис. 8 представлена конструкция решетки, а в табл. 5 – технические характеристики решеток РДГ.

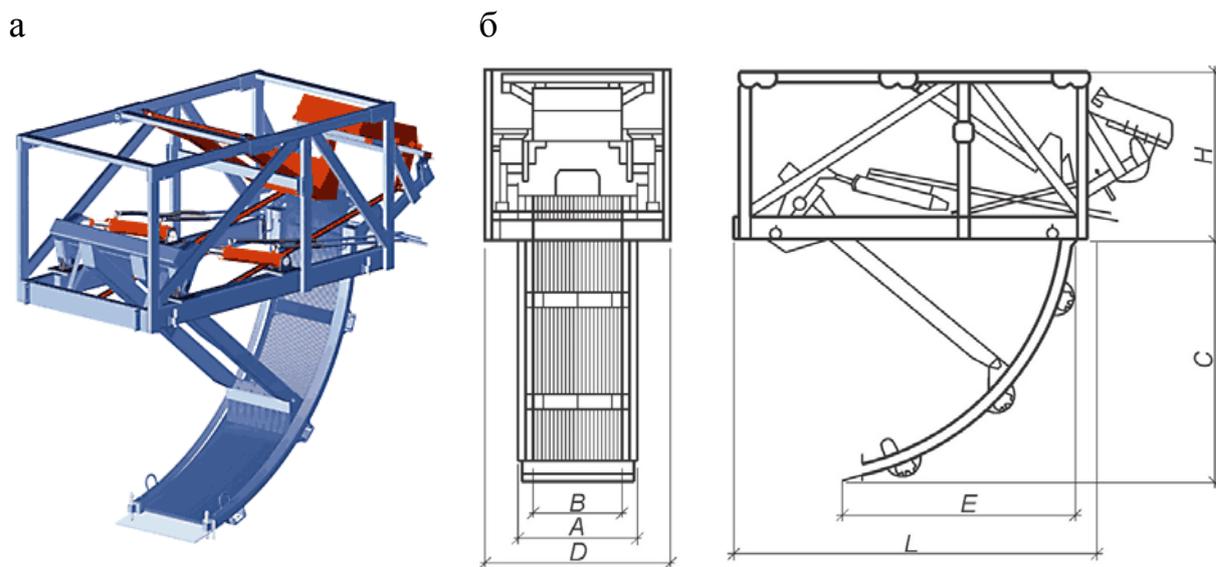


Рис. 8. Ступенчатая решетка РДГ:
а – общий вид; б – конструктивная схема решетки

Т а б л и ц а 5

Технические характеристики ступенчатых решеток РДГ

Тип решетки Размер	РДГ-0	РДГ-1	РДГ-2	РДГ-3	РДГ-4	РДГ-5
А – ширина канала	0,8–3					
В – ширина решетки, м	(А–0,25)					
С – глубина канала, м	0,6–0,9	0,9–1,2	1,2–1,5	1,5–1,8	1,8–2,1	2,1–2,5
Д – ширина формы, м	(А–0,5)					
Е – длина решетки в канале, м	1,24	1,47	1,7	1,92	2,15	2,5
Н – высота формы, м	1,0	1,08	1,16	1,24	1,32	1,4
Л – длина формы, м	1,64	1,95	2,26	2,57	2,88	3,19

Решетка состоит из набора дуговых пластин, установленных с прозором от 8 до 32 мм, который определяет степень очистки сточных вод. На основании решетки шарнирно крепятся граблина и верхний очиститель зубьев. Граблина соединена с гидроцилиндром для ее поворота. Основание устанавливается на полу цеха, а решетка, опирающаяся нижней частью на дно канала, помещается внутрь канала.

Поток загрязненных сточных вод течет по каналу, и находящиеся в нем механические включения задерживаются пластинами решетки. Через решетку проходит очищенная вода. Для очистки решетки включают гидроцилиндр и поднимают граблину вверх. Происходит очистка пластин решетки, и зубья на себе поднимают загрязнения, которые сбрасываются верхним очистителем на лоток.

Фирма ООО НПФ «ЭТЕКЛТД» (г. Калуга) выпускает ступенчатые механические решетки и грабельные механические решетки РГЭ. Технические характеристики решеток РГЭ приведены в табл. 6, а их конструктивная схема – на рис. 9.

Т а б л и ц а 6

Технические характеристики грабельных решеток РГЭ

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Глубина канала	Н	758 – 2403 мм
Ширина канала	А	650 – 2050 мм
Высота выгрузки	h _г	865 мм
Ширина прозора	b	6, 8, 10, 15 мм
Угол установки		70 – 75°

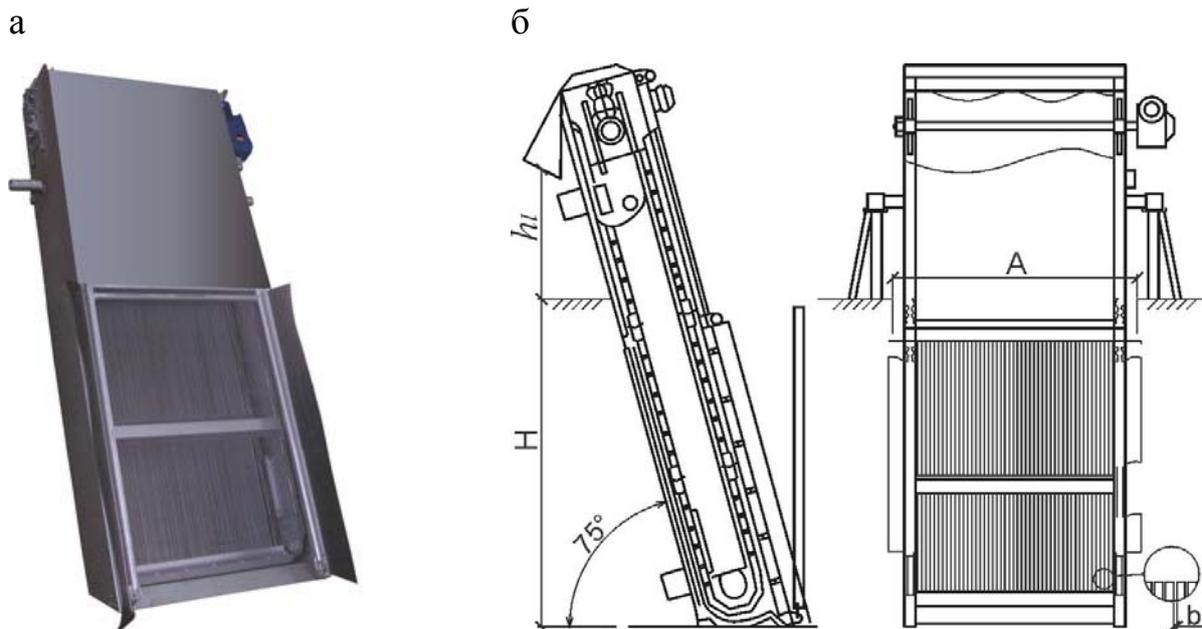


Рис. 9. Грабельные механические решетки РГЭ:
а – общий вид; б – конструктивная схема

Решетка РГЭ предназначена для предварительной механической очистки сточных вод с последующей выгрузкой задержанных отбросов в мусоросборник или транспортирующее устройство.

Ступенчатые механические решетки предназначены для качественной очистки бытовых и промышленных сточных вод от примесей (отбросов) перед подачей их на очистные сооружения. Высокая эффективность очистки достигается за счет малой величины прозоров решетки (2-5 мм). При этом качество очистки повышается за счет естественно возникающего на ступенях решетки дополнительного фильтрующего слоя из отбросов. Дополнительным преимуществом решеток такого типа является их способность извлекать волокнистые примеси. Принцип действия заключается в пропускании сточных вод через два набора ступенчатых пластин, расположенных соответственно друг между другом. Один из наборов является подвижным и совершает возвратно-поступательные движения относительно неподвижного набора пластин. При этом задержанные примеси поднимаются по ступеням решетки вверх и затем сбрасываются в контейнер или на транспортер для дальнейшей транспортировки.

Режимы работы – циклический, непрерывный, а также по сигналам датчиков. Параметры циклического режима работы и работы по сигналам датчиков могут настраиваться в широком диапазоне значений, в зависимости от особенностей режима поступления сточных вод. Это обеспечивается применением электронного блока управления на базе микропроцессора.

Научно-производственный холдинг «ИНЕКС-Сочи» выпускает УФС – устройство фильтрующее самоочищающееся для отделения из сточных вод

включений размером крупнее 1,5 мм, для фильтрования сырого осадка первичных отстойников и активного ила после вторичных отстойников. Применение УФС обеспечивает также устойчивую работу блока доочистки. УФС применяются на канализационных очистных сооружениях производительностью до 1000 м³/сут. Технические характеристики УФС сведены в табл. 7, конструктивная схема УФС представлена на рис. 10.

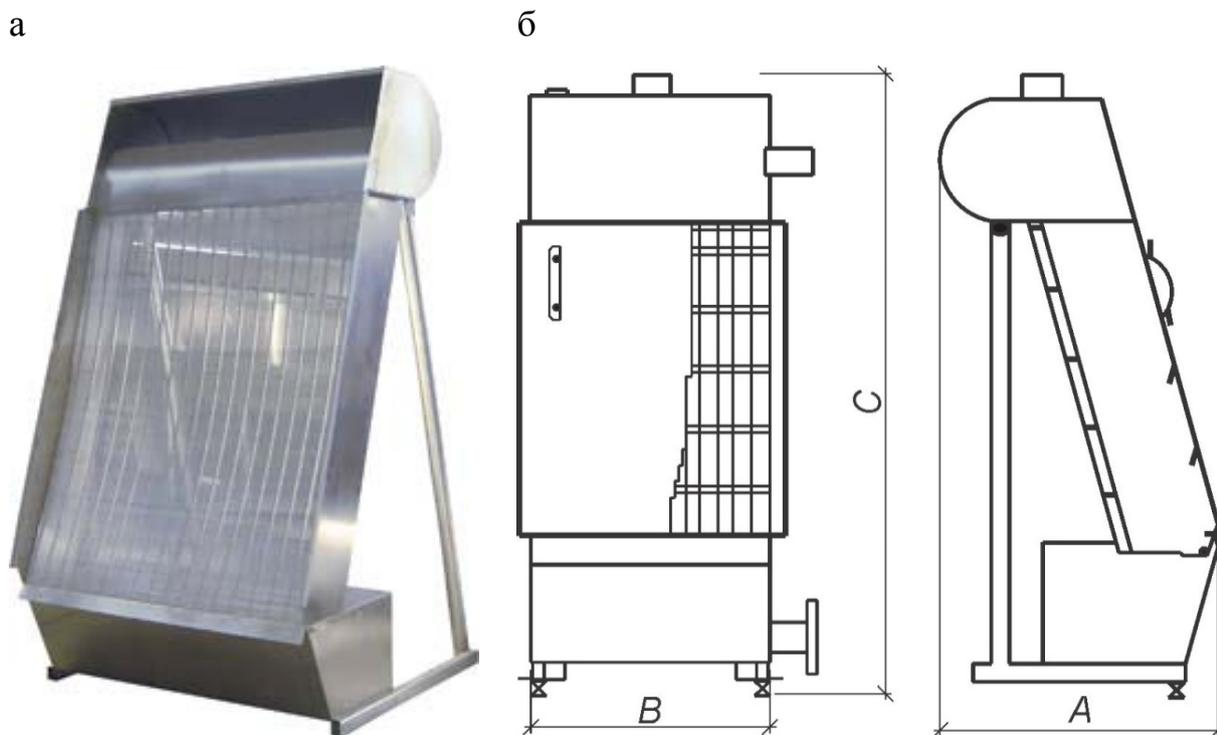


Рис. 10. Устройство фильтрующее самоочищающееся:
а – общий вид, б – конструктивная схема

Т а б л и ц а 7

Технические характеристики УФС

Наименование показателя	УФС 0	УФС 0/1	УФС 1	УФС 2	УФС 3	
Техническая производительность в пределах, м ³ /ч	3-8	10-15	20-50	60-100	120-200	
Щель фильтрующей сетки, мм, не более	2	2	2	2	2	
Габаритные размеры, мм	A	700	700	1130	1180	1152
	B	430	720	690	1390	2500
	C	1500	1500	2100	2100	2100

Российская фирма ЗАО НПФ «ЭКОТОН», занимающаяся разработкой технологий и выпускающая оборудование для очистки сточных вод, разработала механизированные решетки следующих типов: решетки грабельные

РКЭ, решетки ступенчатые РСК, решетки крючковые РККТ, решетки барабанные щеточные РМБЩ, решетки с барабаном из трехгранного профиля РМБ ТП, решетки винтовые отжимные (шнековые) РВО, решетки-дробилки GRIZLI, дробилки отходов ДО, решетки малые грабельные РМКЭ.

Решетки грабельные РКЭ устанавливаются в канализационных насосных станциях перекачки сточных вод и в зданиях решеток на площадках очистных сооружений. Они предназначены для извлечения крупных и средних отбросов с последующей их механизированной выгрузкой на транспортирующее устройство или в мусоросборник. Решетки изготавливают из коррозионной стали AISI304 различных типоразмеров, принимаемых в зависимости от требуемой пропускной способности, состава сточных вод и геометрических размеров подводящих каналов.

Грабельная решетка (рис. 11) представляет собой набранное из стержней фильтрующее полотно, вставленное в раму. Стержни из фасонного проката имеют близкую к каплевидной форму сечения, что улучшает гидравлические характеристики фильтрующего полотна. Также фильтрующее полотно решетки может быть набрано из стержней с прямоугольной формой сечения.

Прозор между стержнями фильтрующего полотна может варьироваться от 5 до 70 мм. Прямоугольная рама состоит из двух продольных бортов, соединенных поперечными балками. Вдоль продольных бортов решетки по полимерным направляющим перемещаются пластинчатые цепи из нержавеющей стали. Предусмотрена возможность регулировки натяжения цепей, на которых закреплены поперечные граблины для прочистки фильтрующего полотна. Цепи и закрепленные на них граблины приводятся в движение вращением вала с ведущими звездочками, расположенного в верхней части решетки. Вал, в свою очередь, приводится в движение мотор-редуктором. В нижней части решетки цепь движется по направляющему ползуну, выполненному из стойкого к износу полимерного материала. Таким образом, в погруженной части решетки отсутствуют вращающиеся детали.



Рис. 11. Решетка грабельная РКЭ

Грабелльные решетки устанавливаются в каналах под углом 80° к горизонту.

В табл. 8 приведены типоразмеры решеток в зависимости от максимальной пропускной способности решетки.

Т а б л и ц а 8

Максимальная пропускная способность решеток РКЭ, м³/ч

Типоразмер РКЭ		XX0 6	XX09	XX12	XX15	XX18	XX21	XX24	XX27	XX30
ширина канала, мм	глубина канала, мм	800	1000	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
600		800								
800			1000							
1000				2000						
1200					4000					
1500						5000				
1700							7000			
2000								9000		
2000									11000	
2200										15000

Решетки ступенчатые РСК фирмы ЗАО НПФ «ЭКОТОН» устанавливаются в зданиях решеток на площадке очистных сооружений после предварительной грубой механической очистки, защищающей решетку от попадания на нее особо крупных отбросов. Ступенчатые решетки предназначены для тонкой очистки – извлечения из производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод средних и мелких отбросов с последующей их механизированной выгрузкой на транспортирующее устройство или в мусоросборник. Решетки изготавливаются из коррозионно-стойкой стали AISI304, AISI316 по запросу различных типоразмеров. Типоразмеры ступенчатых решеток подбираются в зависимости от состава сточных вод и геометрических размеров подводящих каналов.

Ступенчатая решетка (рис. 12) представляет собой два пакета пластин из нержавеющей стали ступенчатой формы (подвижный и неподвижный), заключенных в корпус решетки. Подвижные и неподвижные пластины располагаются друг между другом. Подвижный пакет пластин связан с мотор-редуктором через шатун, что обеспечивает ему колебательное движение.

Прозор между пластинами принимается 5 мм. Решетки устанавливаются в каналах под углом 48–55° к горизонту.

В нижней части решетки располагается устройство для пневматического удаления осажженного песка – для устранения помех движению подвижного пакета пластин.

Благодаря плоскопараллельным круговым движениям подвижного пакета пластин загрязнения, задержанные на решетке, перемещаются вверх по ступеням до линии сброса и попадают на транспортирующее устройство или в мусороприемник. Интервалы между включениями зависят от используемой схемы автоматизации работы решеток.

За счет ступенчатого принципа работы решетки на рабочей поверхности формируется слой загрязнений, создающий дополнительный процеживающий эффект, что позволяет удерживать на решетке с прозором 5 мм включения, значительно меньшие по размеру.

Типоразмерный ряд решеток РСК представлен в табл. 9.



Рис. 12. Ступенчатая решетка РСК

Т а б л и ц а 9

Типоразмерный ряд решеток РСК

Типоразмер		Размеры канала, мм		Размеры решеток, мм						Масса, кг	Мощность привода, кВт
		ширина	глубина	L	B	H	R	z	Hb		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тип 1	0609	600-800	900-1100	2225	576	865	2246	375±5	1570	850	1,5
	0612	600-800	1000-1500	2601	576		2665		1685	940	
	0709	700-900	900-1100	2225	672		2246		1570	960	
	0712	700-900	1000-1500	2601	672		2665		1685	1050	
	0912	900-1100	1000-1500	2601	864		2665		1685	1340	
Тип 2	0915	900-1100	1200-1700	3085	864	855	2978	365±5	2075	1430	2,2
	0918	900-1100	1500-2000	3461	864		3350		2340	1520	
	1115	1100-1300	1200-1700	3085	1056		2978		2075	1650	
	1118	1100-1300	1500-2000	3461	1056		3350		2340	1740	
	1121	1100-1300	1700-2300	3837	1056		3723		2620	1830	
	1315	1300-1500	1200-1700	3085	1248		2978		2075	1870	
	1318	1300-1500	1500-2000	3461	1248		3350		2340	1960	
	1321	1300-1500	1700-2300	3837	1248		3723		2620	2050	
	1415	1400-1600	1200-1700	3085	1344		2978		2075	1980	
	1418	1400-1600	1500-2000	3461	1344		3350		2340	2070	
	1421	1400-1600	1700-2300	3837	1344		3723		2620	2160	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1515	1500-1700	1200-1700	3085	1440		2978		2075	2090	
	1518	1500-1700	1500-2000	3461	1440		3350		2340	2180	
	1521	1500-1700	1700-2300	3837	1440		3723		2620	2270	
	1718	1700-1900	1500-2000	3461	1632		3350		2340	2400	
	1721	1700-1900	1700-2300	3837	1632		3723		2620	2490	
	1818	1800-2000	1500-2000	3461	1728		3350		2340	2510	
	1821	1800-2000	1700-2300	3837	1728		3723		2620	2600	

Решетки крючковые РККТ (рис. 13) устанавливаются в зданиях решеток на площадке очистных сооружений после предварительной грубой механической очистки, защищающей решетку от попадания на неё особо крупных отбросов.



Рис. 13. Крючковая решетка РККТ

В табл. 10 приведены основные технические характеристики решеток РККТ.

Решетки изготавливаются из коррозионно-стойкой стали AISI304, AISI316.

Крючковая решетка представляет собой движущееся бесконечное фильтрующее полотно, образованное съемными наборами крючков из конструкционного пластика и установленное на раму.

Технические характеристики решеток РККТ

Параметр	Единица измерения	Значения
Ширина канала	мм	до 2000
Глубина канала	мм	до 3000
Ширина прозора	мм	5 (стандартно)
Угол наклона к горизонту	град.	80
Электрический привод	шт	1
Мощность	кВт	0,75
Масса, не более	кг	800

Крючковая решетка задерживает из сточных вод загрязнения, превышающие размером прозоры фильтрующего полотна. Эти загрязнения крючками перемещаются вверх до линии сброса и по склизу попадают на транспортирующее устройство или в мусороприемник. Очистка фильтрующего полотна после сброса отходов сначала осуществляется промывной водой из форсунок, а затем вращающимися щеточными скребками. Кроме того, предыдущий ряд крючков дополнительно очищает последующий в момент их переворота. Интервалы между включениями зависят от используемой схемы автоматизации работы решеток. За счет особой конфигурации полотна решетки на рабочей поверхности формируется слой загрязнений, создающий дополнительный процеживающий эффект, что позволяет удерживать на решетке с прозором 5 мм включения, значительно меньшие по размеру.

Решетки размещаются в отдельном отапливаемом здании ($t_{\text{расч}} \geq 16 \text{ } ^\circ\text{C}$) с кратностью обмена воздуха, равной 5, либо открыто в каналах.

Вокруг решеток должен быть обеспечен проход шириной, м, не менее:

- с механизированными граблями – 1,2 (перед фронтом – 1,5);
- с ручной очисткой – 0,7;
- решеток-дробилок, устанавливаемых на каналах, – 1 [1, п. 5.16].

Пол здания решеток располагается не менее чем на 0,5 м выше расчетного уровня воды в канале.

Для монтажа и ремонта решеток, дробилок и другого оборудования необходимо предусматривать установку подъемно-транспортного оборудования согласно СНиП 2.04.02-84*.

Решетки допускается не устанавливать в случае подачи сточных вод на очистные сооружения насосами при установке перед насосами решеток с прозорами не более 16 мм или решеток-дробилок, при этом:

- длина напорного трубопровода не должна превышать 500 м;
- в насосных станциях предусматривается вывоз задержанных на решетках отбросов [1, п. 6.16, прим.].

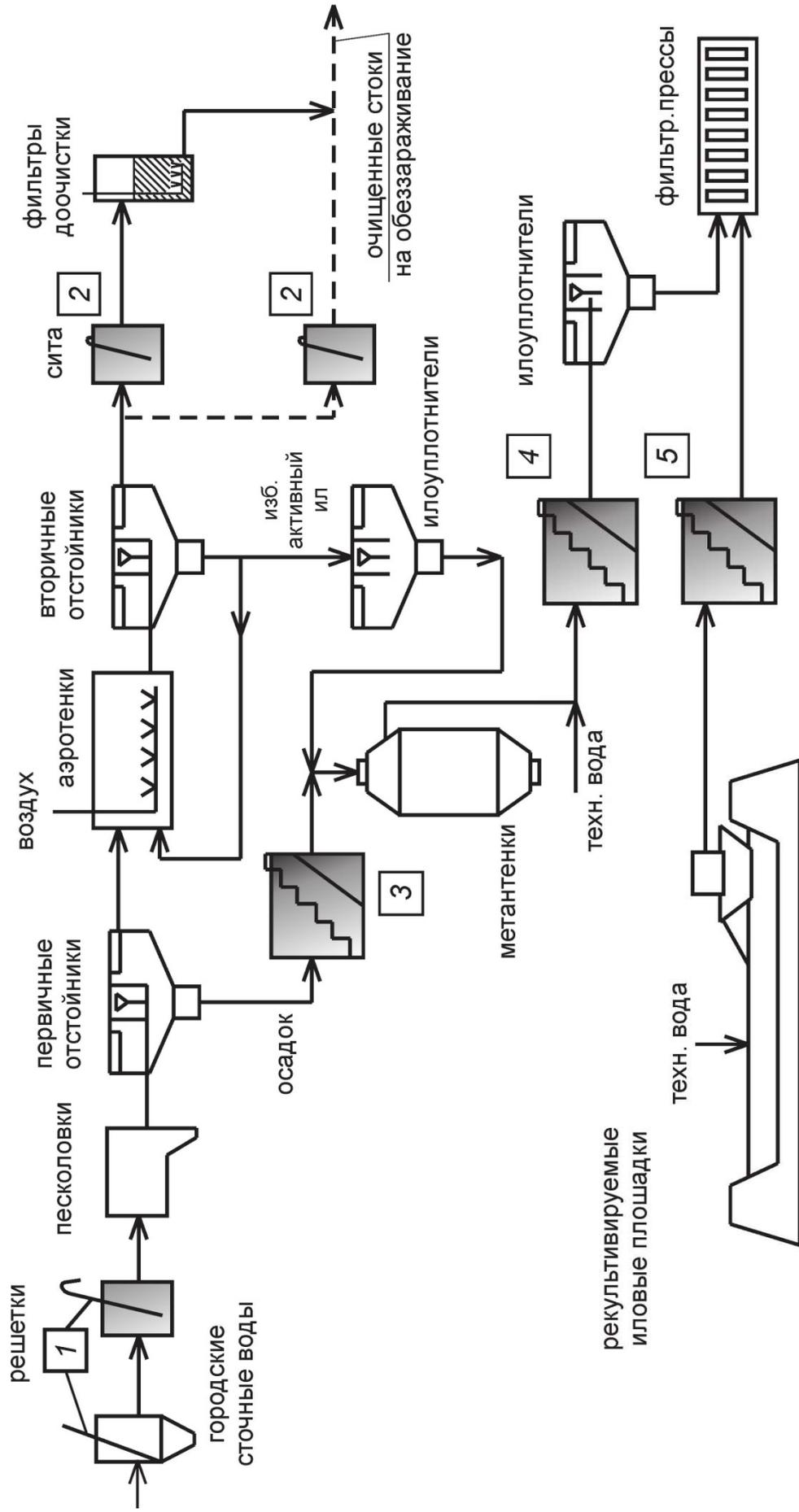


Рис. 14. Перспективная схема установки решеток и сит на станциях аэрации (места установки решеток и сит):
 1 – на поступающей сточной воде; 2 – на очищенной сточной воде; 3 – на осадке первичных отстойников;
 4 – на промытом сброженном осадке; 5 – на осадке с иловых площадок

Таким образом, эффективное удаление крупноразмерных загрязнений из сточных вод при их прохождении через решетки и сита позволит обеспечить нормальную эксплуатацию песколовков, первичных отстойников, метантенков и трубопроводов подачи осадков на метантенки, а также повысить качество очистки сточных вод.

Перспективная схема установки решеток и сит на канализационных очистных сооружениях представлена на рис. 14 [21].

2.1. Решетки

При расчете решеток определяются их количество, размеры, потери напора, возникающие при прохождении сточных вод через решетку, количество отбросов, снимаемых с них.

Решетки проектируются с ручной очисткой на небольших очистных станциях при объеме задержанных отбросов менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ и с механизированной очисткой отбросов с дальнейшим транспортированием их к дробилкам.

Расчет решеток с механизированной очисткой отбросов

1. Ширина всех решеток, м:

$$B_p = b \cdot n + S(n - 1),$$

где b – ширина прозоров решетки $b = 0,016$, м;

S – толщина стержня решетки, принимаемая в зависимости от ее формы поперечного сечения, м (чаще всего используются стержни прямоугольного сечения из полосовой стали 10×40 или 8×60 мм, то есть $S = 0,01$ или $0,008$ м);

n – число прозоров решетки, шт.,

$$n = \frac{q_{\max}}{b \cdot h_1 \cdot v_p} \cdot 1,05;$$

здесь v_p – скорость движения воды через решетку, принимаемая по [1, п. 5.14], м/с;

h_1 – глубина слоя воды в канале, подводящем сточные воды к решеткам, определяется гидравлическим расчетом по [6], м;

1,05 – коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями (при механизированной очистке);

q_{\max} – расчетный расход сточных вод, поступающих на очистку, $\text{м}^3/\text{с}$ (при напорном поступлении сточных вод на очистку q_{\max} равен производительности насосов; при самотечном поступлении сточных вод $q_{\max} = q \cdot K_{gen.\max}$).

2. Количество рабочих решеток, шт., определяется с учетом типовой ширины одной решетки, приведенной в табл. 11.

$$N = \frac{B_p}{B_1},$$

где B_1 – типовая ширина решетки, м.

Общее количество решеток принимается в соответствии с [1, табл. 22] или табл. 12.

3. Потери напора в решетке, м:

$$h = \frac{v_1^2}{2g} \zeta \cdot K,$$

где v_1 – скорость движения воды перед решеткой, принимаемая из расчета канала перед решеткой равной 0,7-0,8 м/с;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

K – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки, $K = 3$ [1, п. 6,24];

ζ – коэффициент местного сопротивления, зависящий от формы стержней:

$$\zeta = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha;$$

здесь α – угол наклона решетки к горизонту, $\alpha = 60^\circ$ - 80° ;

β – коэффициент, принимаемый в зависимости от формы стержней:

		
$\beta = 2,42;$	$\beta = 1,83;$	$\beta = 1,79.$

4. Высота камеры решеток, м:

$$H_k = h_1 + h_6 + h,$$

где h_1 – см. разд. 2, подразд. 2.1, м;

h_6 – высота борта камеры, принимается 0,2-0,5 м;

h – сумма сопротивлений по всем узлам решетки, $h = 0,1$ - $0,2$ м.

Таблица 11

Характеристика типовых проектов [16]

№ пп	Номер типового проекта	Тип решеток	Кол-во, шт.	Производительность, м ³ /ч	Размеры здания, м	Размеры решетки, мм	Грузоподъемность крана, т	Производ. дробилки молоткового типа, т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	902-2-449.88 взамен 902-2-345	Механизированная РМУ-1Б	2(1)	4-6 тыс. м ³ /сут	6,0х12,0 Вывоз отбросов	600х800	Кран мостовой электрический 1,0	-
2	902-2-450.88 взамен 902-2-367	Механизированная РМУ-2Б	2(1)	14-18 тыс. м ³ /сут	6,0х13,5 Вывоз отбросов	1000х1000	Кран мостовой электрический 1,0	-
3	902-2-367.83	РМУ-1, РМУ-2	3(2)	80 тыс. м ³ /сут	6,0х18,0 Вывоз отбросов	600х800 1000х1000	Кран подвесной электрический	-
4	902-2-451.88 взамен 902-2-369.83	Механизированная РМУ-3Б	3(2)	90-110 тыс.м ³ /сут	9,0х24,0 Дробление отбросов	1000х2000	Кран мостовой ручной 1,0	Д-3Б 0,5(2 шт.)
5	902-2-452.88 взамен 902-2-369.83	Механизированная РМУ-3Б	3(2)	90-110 тыс.м ³ /сут	9,0х24,0 Вывоз отбросов	1000х2000	Кран мостовой электрический 1,0	-
6	902-2-453.88	Механизированная РМУ-4Б	3(2)	140-175 тыс.м ³ /сут	6,0х24,0 Вывоз отбросов	1500-2000	Кран мостовой электрический 1,0 Таль ручная 1,0	-
7	902-2-454.88 взамен 902-2-370.83	Механизированная РМУ-4Б	3(2)	140-175 тыс.м ³ /сут	9,0х27,0 Дробление отбросов	1500х2000	Кран мостовой 1,0	ДК-1,0 1(2)

Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	902-2-455.88	Механизированная РМУ-5Б	3(2)	190-240 тыс.м ³ /сут	6,0х30,0 Вывоз отбросов	2000х2000	Кран мостовой 1,0 Таль электрическая 1,0	-
9	902-2-456.88 902-2-371.83	Механизированная РМУ-5Б	3(2)	190-240 тыс.м ³ /сут	12,0х30,32 Дробление отбросов	2000х2000	Кран мостовой 1,0	ДК-1,0 1(2)
10	902-2-307	РД-200	2(1)	60	3,0х5,0	-	Таль ручная 1,0	-
11	902-2-309	РД-200	3(2)	120	3,0х6,50	-	Таль ручная 3,2	-
12	902-2-308	РД-600 или 1КРД	2(1)	2000	На открытых каналах	-	Таль ручная 3,2	-
13	902-2-310	РД-600 или 1КРД	3(2)	4000	На открытых каналах	-	Таль ручная 3,2	-

Примечание: В скобках указано число рабочих агрегатов.

Количество проектируемых рабочих и резервных решеток
в зависимости от типа решетки

Тип решетки	Число решеток, шт	
	рабочих	резервных
С механизированными граблями и с прозорами шириной, мм:		
– св. 20	1 и более	1
– 16-20	До 3 Св. 3	1 2
Решетки-дробилки, устанавливаемые:		
– на трубопроводах	До 3	1 (с ручной очисткой)
– на каналах	До 3 Св. 3	1 2
С ручной очисткой	1	—

5. Длина камеры решеток, м:

$$L_p = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5,$$

где l_1 – длина уширения при входе лотка в камеру, м,

$$l_1 = \frac{B_1 - b}{2 \operatorname{tg} 20^\circ} = \frac{B_1 - b}{2 \cdot 0,364} = 1,37(B_1 - b);$$

здесь b – ширина канала, м;

l_2 – длина, необходимая для поворота решетки в горизонтальное положение вокруг шарнира, который находится на 0,3 м выше пола (принимается равной 1,2-1,5);

l_3 – горизонтальная проекция решетки при установке ее в канале под углом 60° - 80° к горизонту, м,

$$l_3 = \frac{h_1 + h_0 + h}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{H_k}{\operatorname{tg} \alpha};$$

l_4 – длина камеры за решеткой, принимается конструктивно и равна 1 м;

l_5 – длина сужения камеры решетки при переходе ее в отводящий канал, равна половине l_1 , м.

В месте установки основания решетки дну камеры придается перепад высотой h , равный гидравлическим потерям при движении сточных вод через стержни решетки. Схема установки решетки приведена на рис. 15.

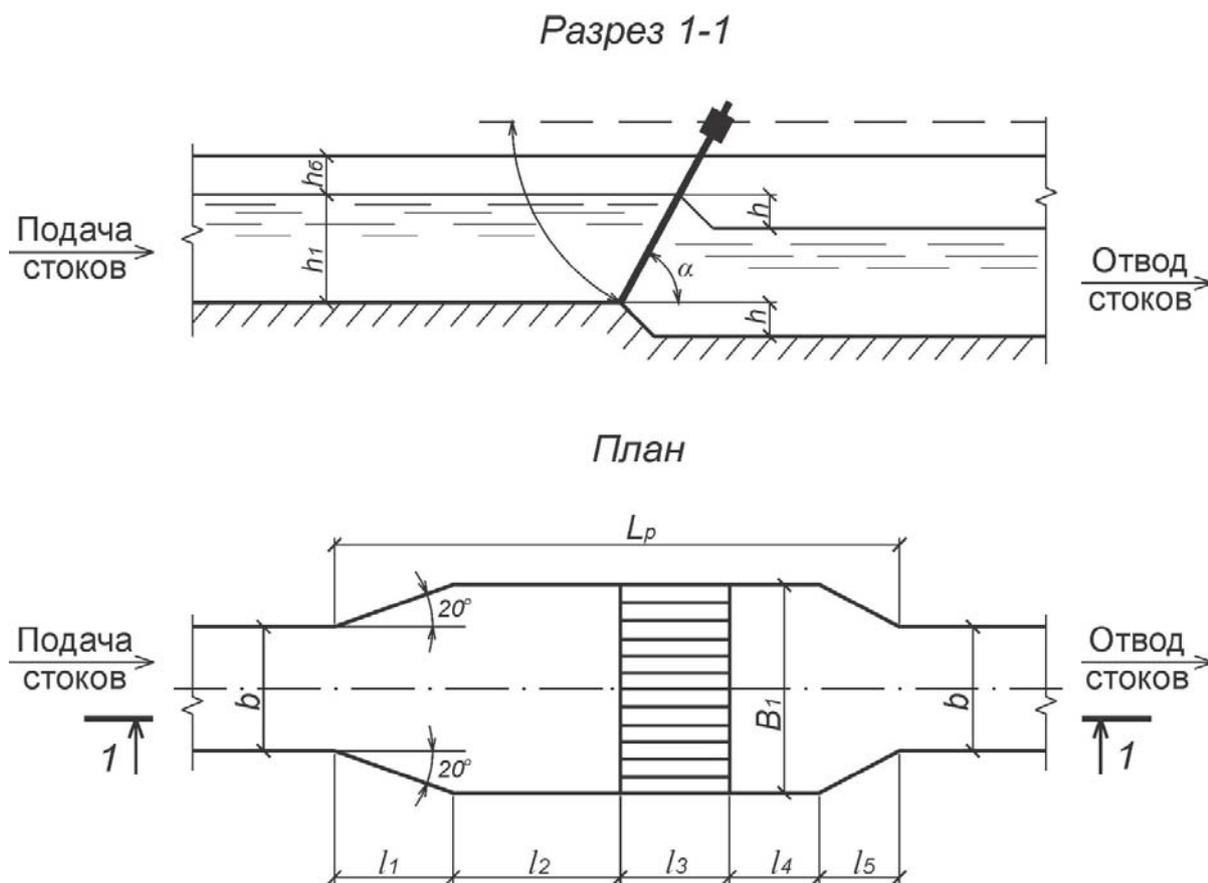


Рис.15. Схема установки решетки

6. Количество снимаемых отбросов с решетки, м³/сут:

$$W = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}}{365 \cdot 1000},$$

где a – количество отбросов, снимаемых с решеток, л/(год·чел), определяемое по [1, табл. 23] или по табл. 13;

$N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}$ – приведенное количество жителей по взвешенным веществам, равное $N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}} = N_{\text{р}} + N_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВВ}}$, чел. ($N_{\text{р}}$ – расчетное количество жителей в населенном пункте, чел.; $N_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВВ}}$ – эквивалентное количество жителей по взвешенным веществам, чел.,

$$N_{\text{ЭКВ}}^{\text{ВВ}} = \frac{C_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}}}{65};$$

здесь $C_{\text{р}}$ – концентрация взвешенных веществ в промстоках, мг/л;

$Q_{\text{р}}$ – суточный расход промстоков, м³/сут.

Т а б л и ц а 13

Количество отбросов, снимаемых с решеток

Ширина прозоров решеток, мм	Количество отбросов, снимаемых с решеток, на 1 чел., л/год
1	2
16-20	8
25-35	3
40-50	2,3
60-80	1,6
90-125	1,2

Влажность удаляемых отбросов с решеток – 80%, плотность – 750 кг/м³, зольность – 7-8 %. Для измельчения отбросов используются дробилки молоткового типа, характеристика которых приведена в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Технические характеристики молотковых дробилок

Тип	Производительность, т/ч	Электродвигатель			Масса, кг
		тип	мощность, кВт	число оборотов, мин	
Д-3	0,3-0,6	АО 72-4	20	1460	778
Д-3а	0,3-0,6	АО 72-4	20	1460	857
Д-2	2,0	АО 72-4	100	1395	4955

2.2. Решетки-дробилки

При расчете решеток-дробилок (РД) следует определить их рабочее количество, потери напора и подобрать типовой проект.

Расчет

1. Количество рабочих РД, шт.:

$$N = \frac{Q_w}{Q_{рд}}$$

где Q_w – среднесуточный расход сточных вод, м³/сут;

$Q_{рд}$ – пропускная способность одной РД, принимается по [7, с. 16-18], м³/сут.

Результаты сведены в табл. 15.

Параметры для расчета РД

Тип РД	100	200	400	600	900
Пропускная способность РД $Q_{рд}$, м ³ /сут	790	1500	10000	48000	100000
Производительность очистной станции Q_w , м ³ /сут	12-200	400-2700	4200-17000	25000-100000	130000-1000000
Суммарная площадь проходного сечения щелей барабана $W_{рд}$, м ²	0,0076	0,019	0,119	0,455	0,80

Количество резервных РД принимается по [1, табл. 22] или по табл. 12.

2. Потери напора в прозорах (щелях) РД, м:

$$h_{щ} = \zeta \frac{v_{щ}^2}{2g} K_3,$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления,

$$\zeta = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha;$$

здесь S – толщина перемычки между щелевыми отверстиями;

b – ширина щелевого отверстия (конструктивно $S = b = 8$ мм – для РД-100 и РД – 200, $S = b = 10$ мм – для РД-400 и выше);

$\alpha = 90^\circ$ (перемычки между щелями прямоугольные, поэтому $\beta = 2,42$, а значит, $\zeta = 2,42$);

K_3 – коэффициент, принимаемый по [1, п. 6.24], $K_3 = 3$;

$v_{щ}$ – скорость движения жидкости в щелях барабана РД, м/с,

$$v_{щ} = \frac{q_{\max}}{W_{рд} \cdot N},$$

где q_{\max} – расчетный расход сточных вод, м³/с;

$W_{рд}$ – суммарная площадь проходного сечения щелей барабана, принимается по табл. 15, м².

По [1, п. 5.14] скорость движения сточных вод в прозорах решеток-дробилок рекомендуется принимать 1,2 м/с.

Следует учитывать, что потери напора в прозорах РД на должны превышать 0,4 м и быть меньше 0,2 м.

После расчета РД принимается типовой проект (см. табл. 11). Расстояние между РД не должно быть меньше 1,2 м, при установке РД на канале открыто – 1,0 м, расстояние от РД до стены здания принимается 0,7–1,0 м. Схема установки решеток-дробилок приведена на рис. 16.

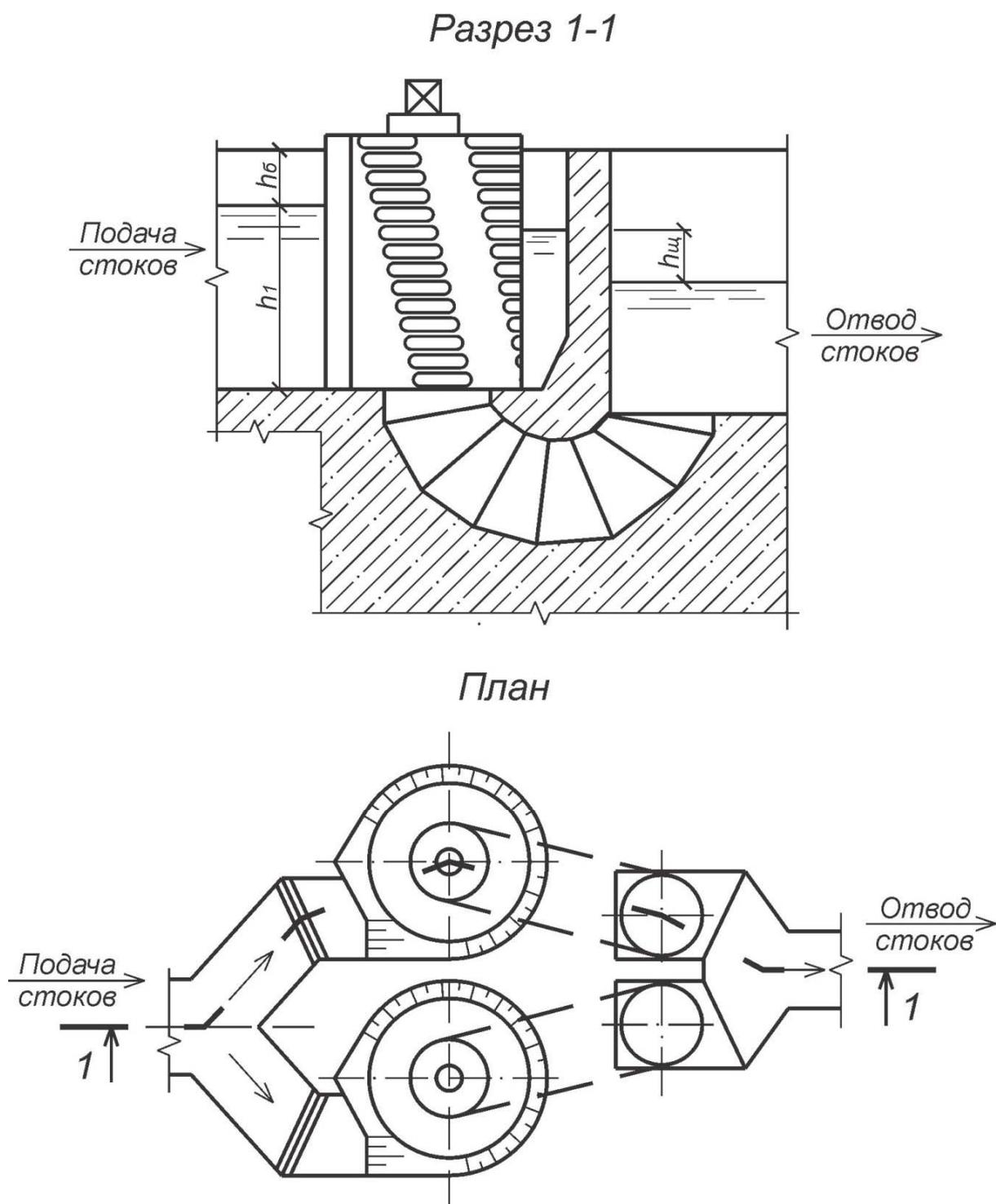


Рис. 16. Схема установки решеток-дробилок

Компания ЗАО НПФ «ЭКОТОН» выпускает решетки-дробилки «Гризли» (РКД), которые предназначены для измельчения крупных отбросов хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, устанавливаются в зданиях решеток на площадке очистных сооружений, а также в зданиях канализационных насосных станций перекачки сточных вод. На рис. 17 представлена решетка-дробилка «GRIZLI» РКД.



Рис. 17. Решетка-дробилка «GRIZLI» РКД

Фрезы и валы решетки-дробилки «Гризли» изготавливаются из инструментальной стали с высокой прочностью, корпус решетки – из коррозионно-стойкой стали AISI304. Решетка-дробилка представляет собой два набора вращающихся фрез, размещенных вертикально на приводных валах и заключенных в раме. В зависимости от ширины канала с одной стороны

или по обе стороны от узла дробления могут располагаться вращающиеся барабаны. Вращение валов с фрезами и барабанов обеспечивается мотор-редукторами.

Вспомогательные монтажные приспособления позволяют вынимать решетку из канала, даже не опустошая её, то есть можно проводить ремонт и обслуживание без остановки работы станции в целом. Механизм дробления и барабан выполнены отдельными модулями и могут быть извлечены из устройства по отдельности и без извлечения дробилки из канала.

Благодаря вращению барабанов задержанные на них загрязнения перемещаются в узел дробления. Там вращающиеся навстречу друг другу фрезы измельчают крупные отбросы и направляют их дальше по каналу. Для создания разрывающего усилия валы с фрезами вращаются с разными скоростями.

Возможны различные схемы автоматизации работы решеток-дробилок. Предусматривается автоматическая защита решетки от заклинивания твердыми включениями за счет короткого реверса фрез и их повторного пуска.

Предусматривается сигнализация нормальной работы оборудования, аварийного отключения, предельного уровня сточных вод в подводящем канале. По согласованию с заказчиком возможна организация передачи данных о состоянии оборудования в АСУ ТП верхнего уровня с помощью стандартных протоколов связи. Предусмотрена возможность обратного вращения фрез (реверса) для снятия заклинивания в случае его возникновения.

Решетки-дробилки выполняются трех типов: малые – без фильтрующего барабана, средние – с одним барабаном и большие – с двумя барабанами. Барабаны могут быть перфорированными, решетчатыми и дисковыми.

Основные технические характеристики РКД приведены в табл. 16.

Т а б л и ц а 16

Основные технические характеристики решеток-дробилок РКД

Типоразмер	Минимальная ширина канала, мм	Глубина канала, мм	Мощность привода фрезы/барабана, кВт
1	2	3	4
РКД 122			
РКДм122x075	500	750-900	2,1 / –
РКДм122x900	500	900-1100	2,1 / –
РКДм122x105	500	1000-1250	2,1 / –
РКДм122x125	500	1200-1600	2,1 / –
РКДс122x075	700	750-900	2,1 / 0,75
РКДс122x900	700	900-1100	2,1 / 0,75
РКДс122x105	700	1000-1250	2,1 / 0,75
РКДс122x125	700	1200-1600	2,1 / 0,75

Окончание табл. 16

1	2	3	4
РКДс122х160	700	1600-2000	3,7 / 0,75
РКДб122х075	1000	750-900	2,1 / 2х0,75
РКДб122х900	1000	900-1100	2,1 / 2х0,75
РКДб122х105	1000	1000-1250	2,1 / 2х0,75
РКДб122х125	1000	1200-1600	2,1 / 2х0,75
РКДб122х160	1000	1600-2000	3,7 / 2х0,75
РКДб122х200	1000	более 2000	3,7 / 2х0,75
РКД 202			
РКДм202х075	600	750-900	5,5 / –
РКДм202х900	600	900-1100	5,5 / –
РКДм202х105	600	1000-1250	5,5 / –
РКДм202х125	600	1200-1600	5,5 / –
РКДм202х160	600	1600-2000	7,5 / –
РКДм202х250	600	более 2500	7,5 / –
РКДс202х075	1000	750-900	5,5 / 0,75
РКДс202х900	1000	900-1100	5,5 / 0,75
РКДс202х105	1000	1000-1250	5,5 / 0,75
РКДс202х125	1000	1200-1600	5,5 / 0,75
РКДс202х160	1000	1600-2000	7,5 / 1,1
РКДс202х200	1000	2000-2500	7,5 / 1,1
РКДс202х250	1000	более 2500	7,5 / 1,1
РКДб202х075	1300	750-900	5,5 / 2х0,75
РКДб202х900	1300	900-1100	5,5 / 2х0,75
РКДб202х105	1300	1000-1250	5,5 / 2х0,75
РКДб202х125	1300	1200-1600	5,5 / 2х0,75
РКДб202х160	1300	1600-2000	7,5 / 2х1,1
РКДб202х200	1300	2000-2500	7,5 / 2х1,1
РКДб202х250	1300	более 2500	7,5 / 2х1,1

Контрольные вопросы

1. Назовите сооружения для задержания грубодисперсных примесей.
2. Цель расчета решеток.
3. Назовите типы решеток, применяемых на канализационных очистных сооружениях.
4. Какова должна быть скорость движения сточных вод через прозоры механизированных решеток по СНиП 2.04.03–85?
5. Какова толщина стержня механизированной решетки?
6. Как принимается общее количество механизированных решеток?
7. В каких пределах должны быть потери напора в механизированных решетках?
8. Какова должна быть влажность удаляемых отбросов с решеток?

9. Что используют для измельчения отбросов, снимаемых с механизированных решеток?
10. Назовите нормативное количество отбросов согласно СНиП 2.04.03–85, снимаемых с механизированных решеток.
11. Какова должна быть плотность удаляемых отбросов с механизированных решеток?
12. По какой формуле определяется эквивалентное количество жителей по взвешенным веществам?
13. Каков угол наклона механизированной решетки в самотечном канале на канализационных очистных сооружениях?
14. Принцип работы механизированных щелевых сит.
15. Как зависит масса задержанных отбросов от ширины прозоров решетки?
16. Назовите типы и марки пресс-транспортеров, применяемых для транспортирования отбросов, снимаемых с решеток.
17. Принцип работы решеток Meva Rotoscreen RS.
18. Принцип работы ступенчатых дуговых гидрофицированных решеток компании «ЭКОМТЕХ».
19. Перечислите технические характеристики грабельных механических решеток РГЭ фирмы ООО НПФ «ЭТЕКЛТД».
20. Принцип работы решеток РГЭ.
21. Для чего предназначены устройства фильтрующие самоочищающиеся (УФС), выпускаемые холдингом «ИНЕКС-Сочи»?
22. Перечислите типы УФС.
23. Назовите типы механизированных решеток, выпускаемых компанией ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
24. Конструкция и принцип работы грабельных решеток РКЭ.
25. Из какого материала изготавливаются решетки РКЭ?
26. Каков прозор между стержнями фильтрующего полотна решеток РКЭ?
27. Под каким углом к горизонту в каналах устанавливаются грабельные решетки РКЭ?
28. Для какой производительности сточных вод проектируются грабельные решетки РКЭ?
29. Конструкция и принцип работы ступенчатых решеток РСК, изготавливаемых компанией ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
30. Под каким углом к горизонту в каналах устанавливаются ступенчатые решетки РСК?
31. Каков прозор между пластинами ступенчатых решеток РСК?
32. Конструкция и принцип работы крючковых решеток РККТ, изготавливаемых компанией ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
33. Какова ширина прозора у крючковых решеток РККТ?

34. Что необходимо предусмотреть для монтажа и ремонта решеток, дробилок и другого оборудования в здании решеток?

35. Где можно размещать решетки?

36. В каких случаях решетки допускается не предусматривать на канализационных очистных сооружениях согласно СНиП 2.04.03-85?

37. Какова перспективная схема установки решеток и сит на канализационных очистных сооружениях?

38. Для чего предназначены решетки-дробилки «GRIZLI» РКД компании ЗАО НПФ «ЭКОТОН»?

39. Конструкция и принцип работы РКД.

40. Из какого материала изготавливают решетки-дробилки «GRIZLI»?

3. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Для выделения из сточных вод минеральных примесей, в основном песка, с диаметром частиц 0,15–0,25 мм и более при расходах сточных вод более 100 м³/сут устраиваются песколовки [1]. В зависимости от производительности очистных станций, состава сооружений и требуемой эффективности задержания минеральных примесей выбирается определенный тип песколовки: горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды, горизонтальные песколовки с круговым движением воды (тульского типа), аэрируемые, тангенциальные и вертикальные.

Горизонтальные песколовки с круговым движением воды (тульского типа) применяются при расходах сточных вод от 1,4 до 64 тыс. м³/сут, горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды используются при Q_w более 10 тыс. м³/сут, тангенциальные песколовки – при Q_w до 50 тыс. м³/сут, аэрируемые песколовки – при Q_w свыше 20 тыс. м³/сут в схемах, где проектируются аэротенки и воздуходувные станции.

3.1. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением сточной жидкости

Этот тип песколовки обеспечивает задержание минеральных примесей с содержанием песка до 60 %, зольность которого не превышает 85 %.

Целью расчета песколовки данного типа является определение длины, ширины, глубины проточной и осадочной частей, объема осадочной части при пропуске расчетного расхода сточных вод.

Расчет

1. Длина проточной части песколовки, м:

$$L_s = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{u_0},$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по [1, табл. 27] или по табл. 17;

H_s – расчетная глубина песколовки, принимаемая на 0,2–0,3 м больше глубины воды в подводящем канале, но не более 1 м;

v_s – скорость движения сточных вод, м/с, принимаемая по [1, табл. 28] или по табл. 18;

u_0 – гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка по [1, табл. 27] или по табл. 17.

Типовая длина песколовки – 9; 15; 18 м.

Определяемая длина является рабочей, в ней непосредственно происходит процесс осаждения песка.

Для создания равномерных скоростей в песколовке вход в нее выполняется в виде плавного расширения, а выход – в виде плавного сужения. Это успокоительные участки, длина которых составляет 40–45 % рабочей длины песколовки.

Осевший песок скребками сдвигается к приемку, расположенному в начале сооружения, откуда вымывается гидроэлеваторами или песковыми насосами (при объеме песка более 0,1 м³/сут).

Т а б л и ц а 17

Гидравлическая крупность песка u_0 и значение коэффициента K_s в зависимости от типа песколовков

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Значение K_s в зависимости от типа песколовков и отношения ширины В к глубине Н аэрируемых песколовков			
		горизонтальные	аэрируемые		
			В:Н=1	В:Н=1,25	В:Н=1,5
1	2	3	4	5	6
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Т а б л и ц а 18

Скорость движения сточных вод v_s и количество задерживаемого песка в песколовках

Песколовка	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v_s , м/с, при притоке		Глубина Н, м	Количество задерживаемого песка, л/(чел·сут)	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	0,02	60	55-60
Аэрируемая	13,2-18,7	-	0,08-0,12	0,7-3,5	0,03	-	90-95
Тангенциальная	18,7-24,2	-	-	0,5	0,02	60	70-75

2. Площадь зеркала воды песколовки, м²:

$$F = \frac{q_{\max}}{u_0} \cdot 1000,$$

где q_{\max} – максимальный приток сточных вод, м³/с.

3. Общая ширина песколовки, м:

$$B = \frac{F}{n}.$$

4. Ширина одной песколовки, м:

$$b = \frac{B}{n},$$

где n – количество рабочих песколовок, обычно принимаемое не менее 2-х по [1, п. 6.26].

Типовая ширина песколовки – 1,25 м; 2,8 м; 3 м; 4,5 м.

5. Объем песка, m^3 , выпадающего в песколовке:

$$W_n = \frac{N_{пр}^{BB} \cdot p \cdot T}{1000},$$

где $N_{пр}^{BB}$ – приведенное количество жителей по взвешенным веществам, чел.;

p – норма выпадающего песка, л/(чел·сут), принимаемая по [1, п. 6.31] или по табл. 18;

T – период между чистками, принимаемый по [1, п. 6.32], сут.

Глубина слоя песка, м:

$$h_n = \frac{W_n}{L_s \cdot b \cdot n}.$$

6. Строительная глубина песколовки, м:

$$H_{стр} = H_s + h_n + h_b,$$

где h_b – высота борта, принимаемая на 0,15–0,3 м выше уровня жидкости в песколовке.

Определив типовые размеры песколовки, выполняют проверочный расчет на пропуск минимальных расходов сточных вод, т.е. находят минимально допустимую скорость, м/с, по формуле

$$v_{\min} = \frac{q_{\min}}{nw_{\min}} \geq 0,15,$$

где q_{\min} – минимальный расход сточных вод, m^3/c , который при их напорном поступлении равен минимальной производительности насосов канализационной насосной станции (КНС), работающих в часы минимального притока сточных вод к КНС при самотечном поступлении,

$$q_{\min} = \frac{q}{K_{gen.min}};$$

здесь q – среднесекундный расход сточных вод, m^3/c ;

$K_{gen.min}$ – минимальный коэффициент общей неравномерности.

Если $v_{\min} < 0,15$ м/с, то в часы минимального притока сточных вод следует выключать из работы одну песколовку. Технические характеристики горизонтальных песколовки с прямолинейным движением воды приведены в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Технические характеристики горизонтальных песколовки
с прямолинейным движением воды [42]

Показатели	При пропускной способности очистной станции, тыс. м ³ /сут				
	70	100	140	200	280
Расчетный расход q_{\max} , м ³ /с	0,97	1,36	1,87	2,68	3,76
Число песколовки, n	2	3	4	3	4
Размеры песколовки: – сечение $\omega = q_{\max} / (v_s \cdot n)$, м ² – длина $L_s = 1000 \cdot K_s \cdot v_s^* \cdot H_s / u_0$, м ² при гидравлической крупности частиц, u_0 , мм/с: 18,7 (при $K_s = 1,7$) 24,2 (при $K_s = 1,3$) – глубина H_s , м – ширина b , м	1,62 15,8 13 0,58 3	1,54 15,4 12,4 0,55 3	3,02 18,2 16,3 0,67 3	2,9 17,7 15,6 0,65 4,5	3,02 18,2 16,3 0,67 4,5
Количество перекачиваемого из песколовки осадка влажностью 60% и $\gamma = 1,5$ т/м ³ в одни сутки: в м ³ в т	3,2 4,8	4,5 6,8	6,4 9,6	9 13,6	12,8 19,2
Количество подаваемой рабочей жидкости, м ³ /сут	160	225	320	450	640
Продолжительность хранения песка в бункерах (емкостью 5 м ³), сут, при установке бункеров: двух четырех	3 –	2 –	– 3	– 2	– 1,6

$v_s^* = 0,3$ м/с

Вычислив размеры песколовки, необходимо привести их схему (рис. 18).

Фирмой ЗАО НПФ «ЭКОТОН» изготавливаются горизонтальные песколовки ПГ из коррозионно-стойкой стали AISI304 с пропускной способностью 100 м³/ч. Песколовки представляют собой две примыкающие друг к другу прямоугольные емкости с бункерами для сбора и удаления песка с одной стороны и общим карманом чистой воды с другой стороны. На песколовках установлен скребковый механизм, цепь которого приводится в движение мотор-редуктором. Схема песколовки ПГ показана на рис. 19.

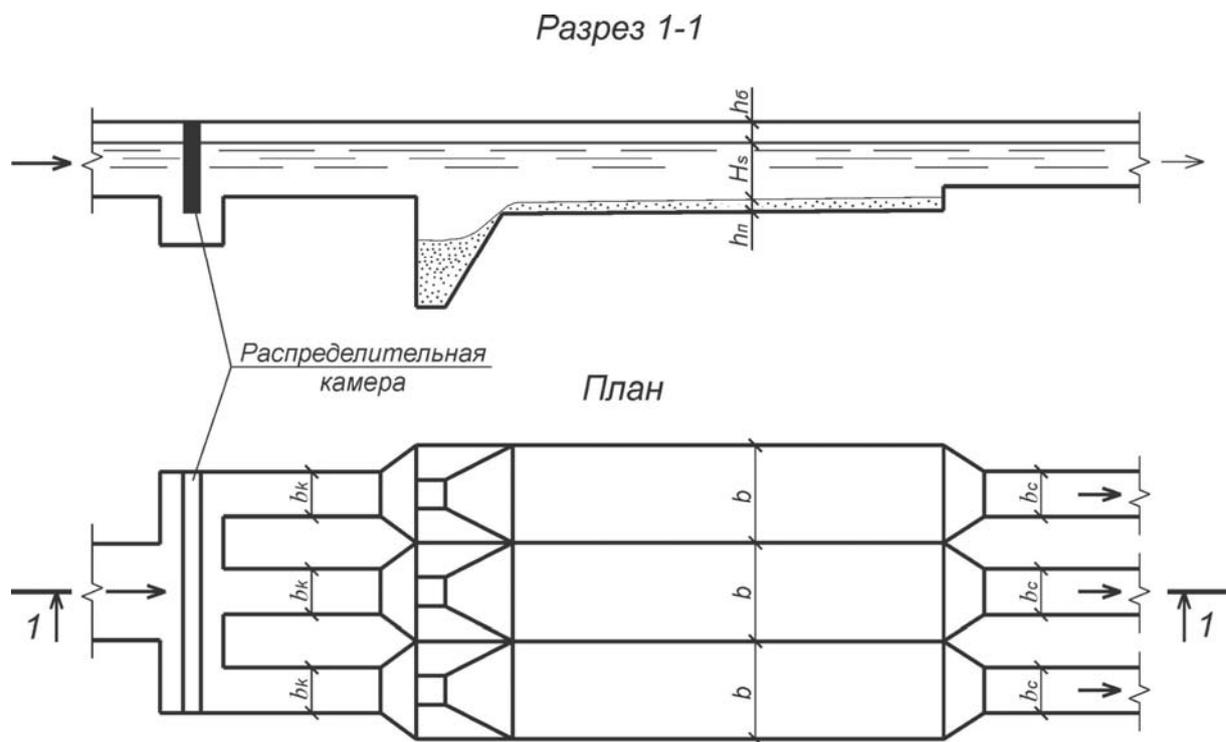


Рис. 18. Схема горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды

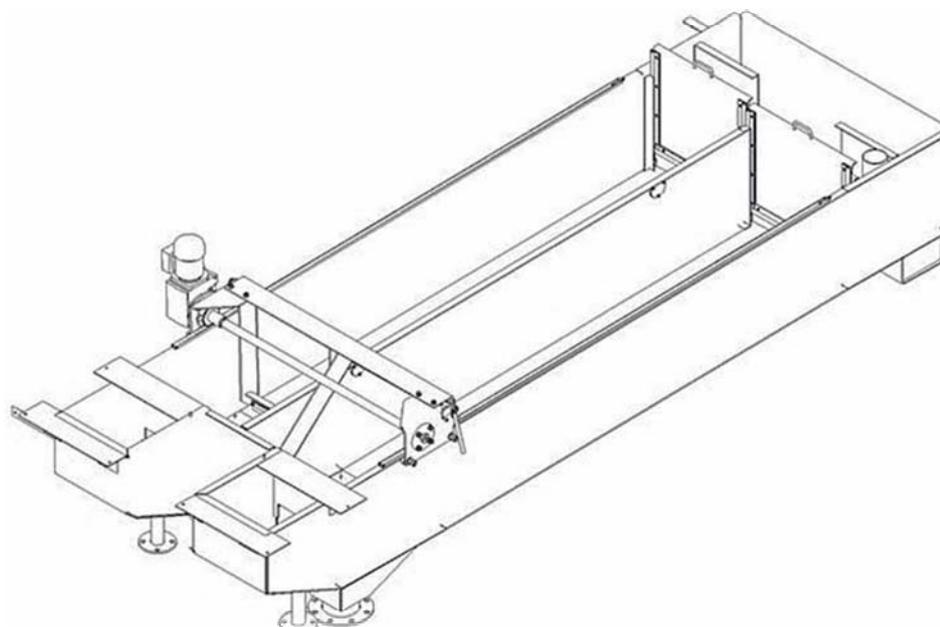


Рис. 19. Конструктивная схема горизонтальных песколовок компании ЗАО НПФ «ЭКотон»

3.2. Песколовки горизонтальные с круговым движением воды

Этот тип песколовков обеспечивает содержание песка в осадке 55–60 % и зольность 81–93 %.

Очищаемые сточные воды движутся в них по кругу. Песколовки проектируются по типовым проектам 902-2-479.90 и 902-2-480.90 [8] при производительности от 1,4 до 64 тыс. м³/сут. Они компактны, более экономичны, чем горизонтальные с прямолинейным движением воды.

Расчет

1. Длина пути, м:

$$L_s = K_s \frac{H_s \cdot 1000}{u_0} v_s,$$

где K_s, u_0, v_s – значения, принимаемые по [1, п. 6.27] (см. подразд. 3.1);

H_s – расчетная глубина песколовки (высота желоба по центру), м, принимается по табл. 20 и равна 0,7–1,05 м.

Радиус песколовки, м:

$$R = \frac{L_s}{2\pi}.$$

Радиус песколовки принимается типовой: 1,6; 1,75; 2,10; 2,30; 2,25; 2,50 м.

2. Площадь живого сечения желоба, м²:

$$\omega = \frac{q_{\max}}{v_s n},$$

где n – число песколовков, как правило, 2 шт.;

q_{\max} – расчетный расход сточных вод, м³/с.

3. Ширина проточного треугольного желоба, м:

$$\omega = \frac{bH_s}{2}; \quad b = \frac{2\omega}{H_s},$$

где H_s – глубина желоба по центру, м.

Принимается типовая ширина – 0,5; 0,8; 1,0; 1,4; 1,5; 1,8 м.

4. Внешний диаметр песколовки принимается равным 4,0; 6,0 м (табл. 20).

Схема горизонтальных песколовков с круговым движением воды приводится на рис. 20.

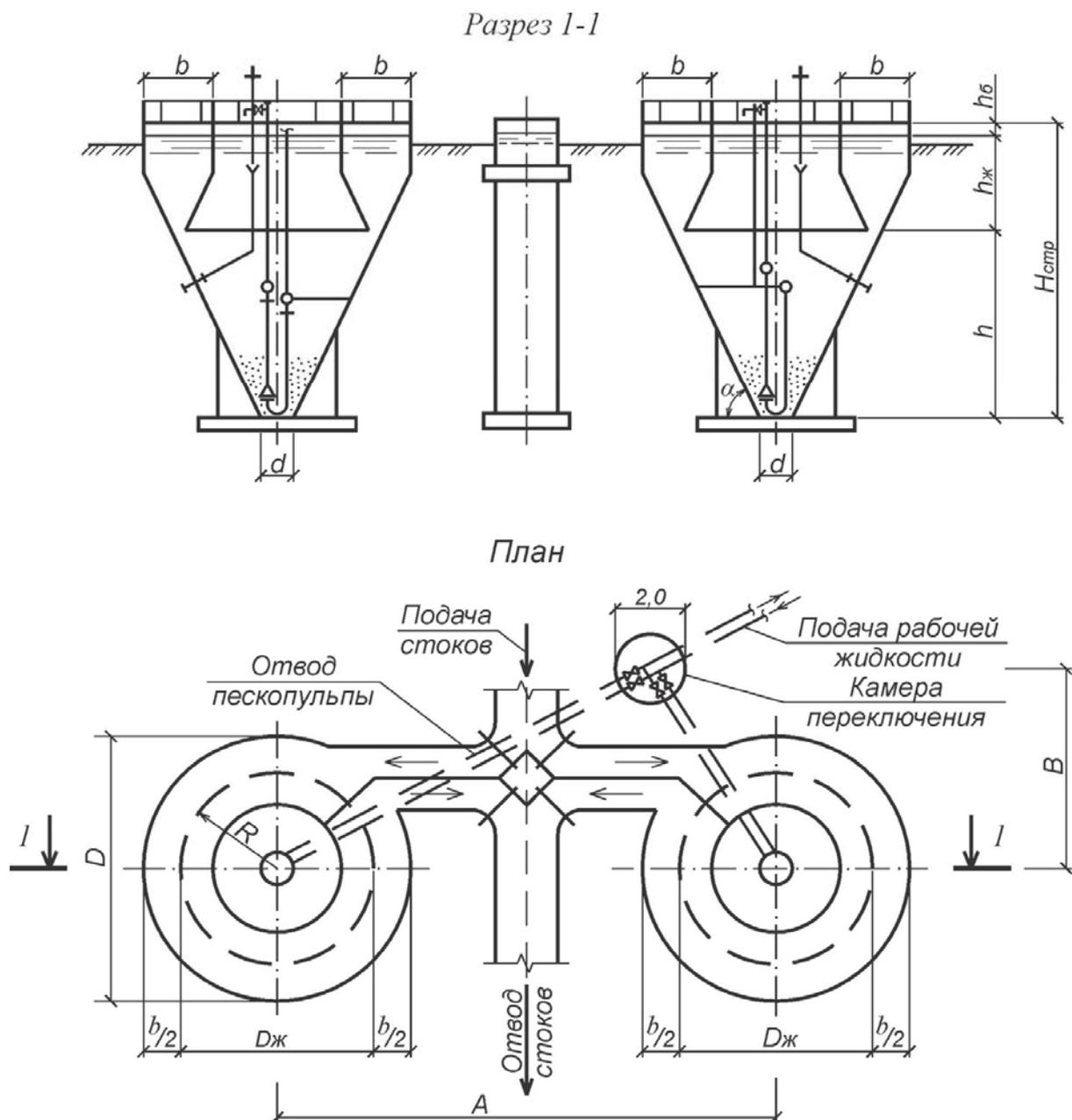


Рис. 20. Схема горизонтальных песколовок с круговым движением воды

5. Объем выпадающего песка, м^3 :

$$W_n = \frac{N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}} \cdot p \cdot T}{1000},$$

где $N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}$, p , T – см. подразд. 3.1.

6. Высота конической части песколовки, м:

$$h = \text{tg}\alpha(R - r) = \text{tg} 60^\circ (R - r) = 1,73(R - 0,2),$$

где α – угол конусности, принимаемый равным 60° ;

r – радиус нижнего основания конуса песколовки, равный 0,2 м, так как диаметр конуса принимается конструктивно $d=0,4$ м.

7. Объем конической части песколовки, м³:

$$W_{\text{кон}} = \frac{1}{12} \pi \cdot h \cdot (D_{\text{ж}}^2 + D_{\text{ж}} \cdot d + d^2),$$

где $D_{\text{ж}}$ – диаметр желоба, м.

Сравнивается W_n и $W_{\text{кон}}$ и делается вывод о возможности размещения выпавшего песка в конической части песколовки.

8. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = h_b + H_s + h,$$

где h_b – высота борта, равная 0,2-0,3 м.

По вычисленным значениям D и b подбирается типовая песколовка по табл. 20.

Т а б л и ц а 20

Песколовки горизонтальные с круговым движением воды [16]

Типы песколовков	Число отделений п, шт.	Пропускная способность		Основные размеры, м							Номер типового проекта
		тыс. м ³ /сут	л/с	диаметр D	строительная высота	ширина желоба b	высота желоба H_s	глубина	A	B	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	2	1,4-2,7	31-56	4	3,45	0,5	0,70	2	6,0	5,0	902-2- 479.90
II	2	2,7-4,2	56-83	4	3,45	0,5	0,72	2	6,0	5,0	
III	2	4,2-7,0	83-133	4	3,45	0,8	0,82	2	6,0	5,0	
IV	2	7,0-10,0	133-183	4	3,45	0,8	0,93	2	6,0	5,0	
V	2	10,0-17,0	183-278	6	5,25	1,0	0,92	3	10,0	4,6	902-2- 480.90
VI	2	17,0-25,0	278-394	6	5,25	1,4	1,03	3	10,0	4,6	
VII	2	25,0-40,0	394-590	6	5,25	1,5	1,05	3	0,4	4,6	
VIII	2	40,0-64,0	590-920	6	5,25	1,8	1,05	3	10,0	4,6	

Песколовки проверяют на пропуск минимального расхода сточных вод с тем, чтобы $v_s \geq 0,15$ м/с.

3.3. Аэрируемые песколовки

Этот тип песколовков желательно устраивать на очистных станциях, в схемах очистки которых имеются аэрационные сооружения. Они обеспечивают высокое задержание песка. Зольность осадка составляет 90–95 %, содержание песка в нем 90–95 %.

Расчет

1. Длина песколовки, м:

$$L_s = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{u_0},$$

где K_s, u_0, v_s – см. подразд. 3.1;

H_s – расчетная глубина песколовки, м, принимаемая равной половине общей глубины; общая глубина песколовки принимается по табл. 21.

Типовые длины – 12; 15; 18 м.

2. Площадь живого сечения, м²:

$$\omega = \frac{q_{\max}}{v_s n},$$

где q_{\max} – расчетный расход сточных вод, м³/с;

n – число рабочих песколовков (не менее 2-х).

3. Задается соотношение $\frac{b}{H_s} = \frac{1}{1,5}$ и определяется общая глубина и

ширина отделения песколовки $H_s = \sqrt{\frac{\omega}{1 \div 1,5}}$, которая должна быть в пределах 0,7÷3,5 м; $b=(1 \div 1,5) H_s$ (типовая b – 3,0 и 4,5 м).

После предварительного расчета подбирается типовая песколовка по табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Аэрируемые песколовки [16]

Номер типового проекта	Число отделений n , шт.	Пропускная способность, тыс. м ³ /сут	Основные параметры, м				
			длина L_s	глубина	ширина b	высота пескового бункера	высота борта h_b
902-2-372.83	3	70-140	12 (15)	2,1	3	2,8	0,5
902-2-373.83	4	140-200	12 (15)	2,1	3	2,8	0,5
902-2-374.83	3	200-240	12 (15)	2,8	4,5	2,8	0,5
902-2-375.83	4	240-280	12 (15)	2,8	4,5	2,8	0,5

Длина песколовок может быть увеличена при применении трехметровой вставки.

4. Площадь песколовки в плане, m^2 :

$$F = L_s \cdot n \cdot b,$$

где L_s, b – типовые длина и ширина отделения песколовки, м.

5. Продолжительность пребывания сточных вод в песколовке, мин:

$$t = \frac{(F \cdot H_s) \cdot 60}{q_w} \leq 2 - 3 \text{ мин};$$

здесь q_w – расчетный часовой расход сточных вод, $m^3/ч$.

6. Количество воздуха, необходимого для аэрации, $m^3/ч$:

$$q_{air} = FJ,$$

где J – интенсивность аэрации сточных вод, принимается по [1, п. 6.28б], $m^3/(m^2 \cdot ч)$.

Аэраторы устанавливают из дырчатых труб на глубине $0,7H_s$ вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка [39].

7. Объем выпавшего песка, m^3 :

$$W_n = \frac{N_{пр}^{BB} \cdot p \cdot T}{1000},$$

где $N_{пр}^{BB}, p, T$ – см. подразд. 3.1;

$p = 0,03$ л/(чел.·сут) – по [1, табл. 28] или по табл. 18.

8. Высота пескового лотка:

$$h_{пл} = \frac{W_n}{n \cdot b_{пл} \cdot l} \geq 0,5 \text{ м},$$

где $b_{пл}$ – ширина пескового лотка, обычно равная 0,5 м;

$l=L_s-b$ – длина пескового лотка, м.

9. Строительная высота песколовки, м:

$$H_{стр} = h_6 + H_s + h_{пл} + i \cdot b,$$

где h_6 – высота борта, равная 0,5 м;

i – поперечный уклон дна к песковому лотку, равный 0,2-0,4.

Схема аэрируемой песколовки приведена на рис. 21.

На рис. 22 изображены схемы аэрируемых песколовок, применяемых в США.

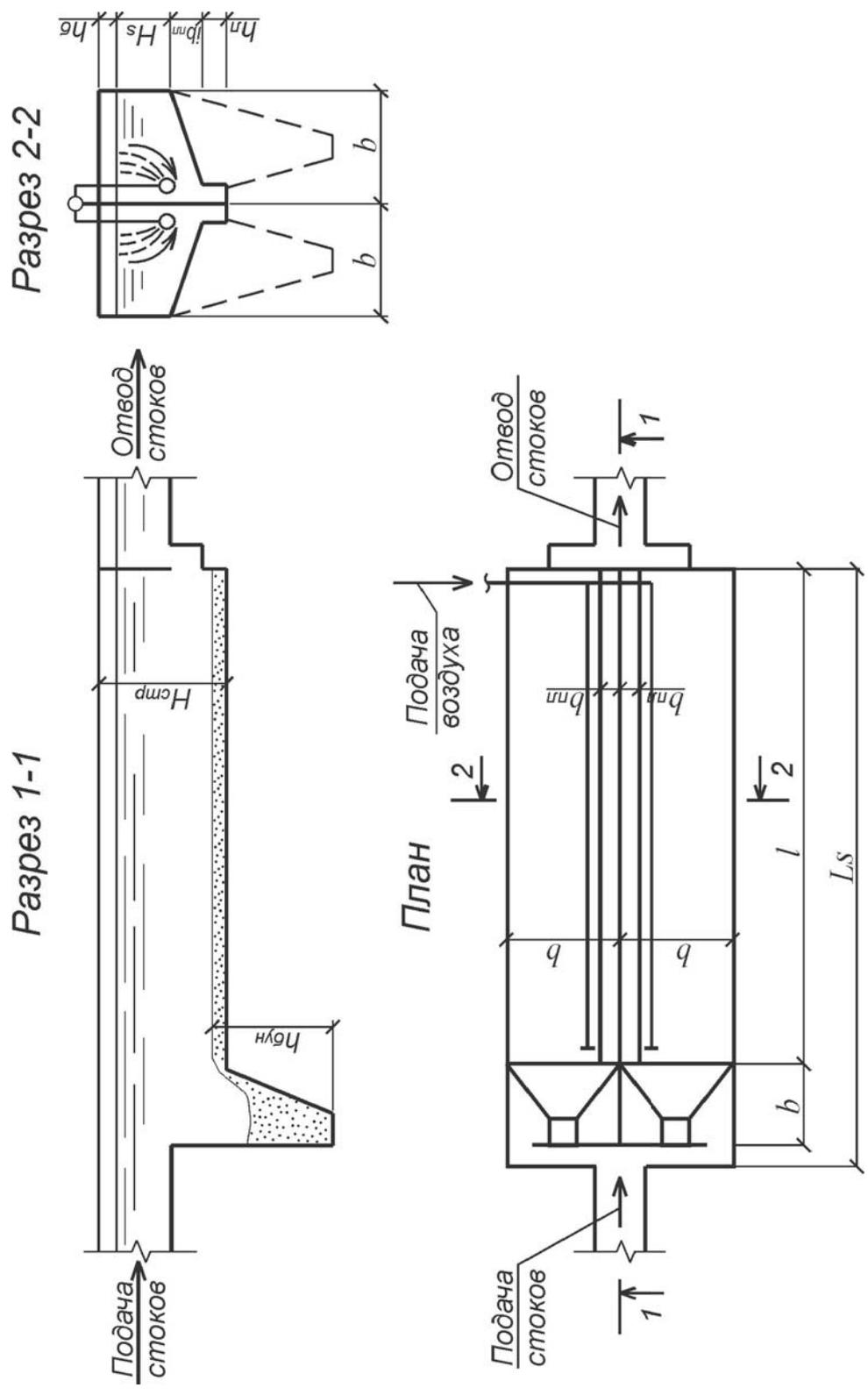


Рис. 21. Схема аэрируемой песколовки

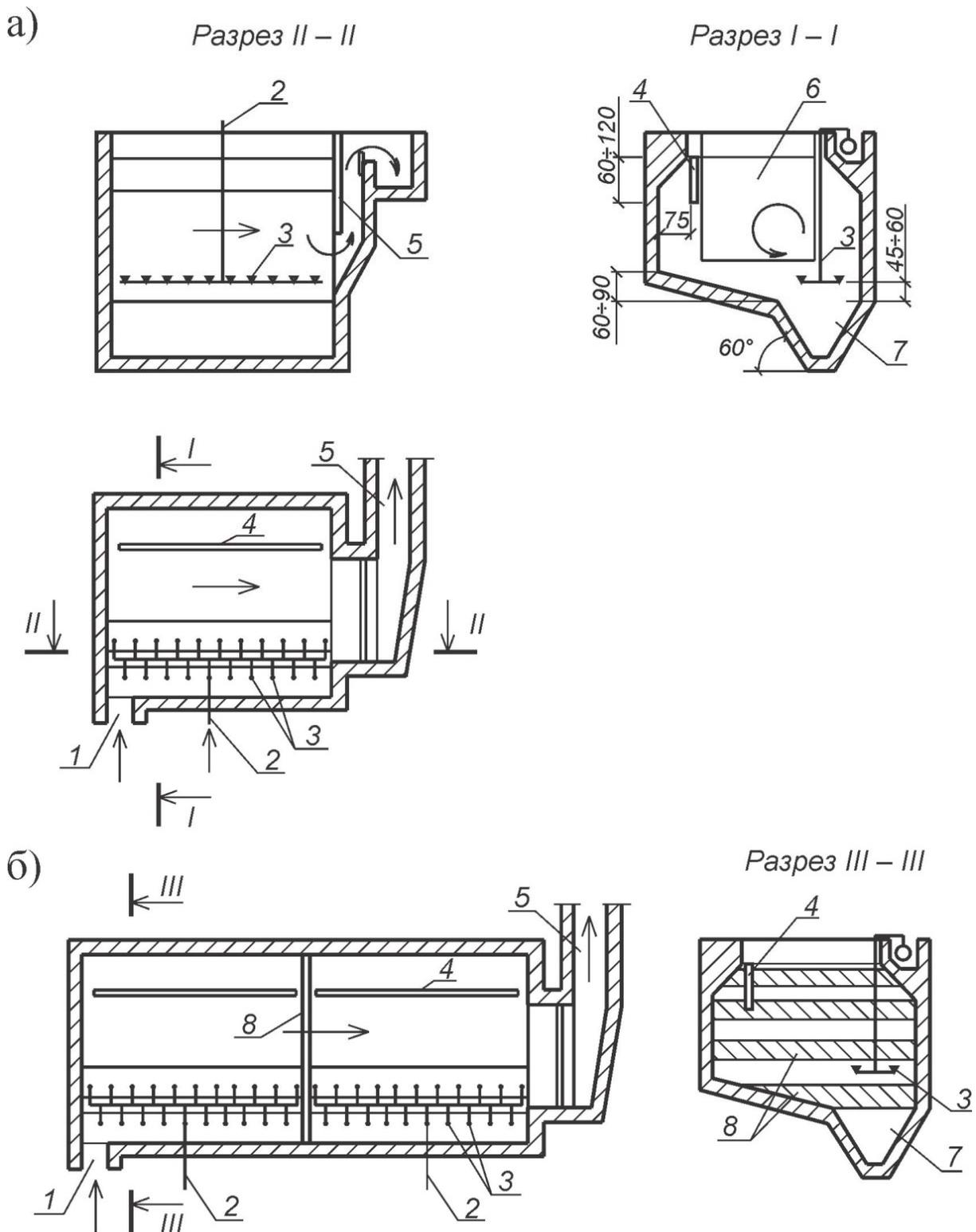


Рис. 22. Схемы аэрируемых песколовков, применяемых в США:
 а – с одним отделением; б – с двумя последовательными отделениями;
 1 – впуск сточных вод; 2 – подвод воздуха; 3 – воздухораспределитель;
 4 – продольная перегородка; 5 – выпуск сточных вод; 6 – дефлектор перед
 выпуском сточных вод; 7 – пескосборный желоб; 8 – поперечная перегородка

Осадок из аэрируемых песколовок удаляется гидромеханической системой удаления, состоящей из пескового лотка и смывного трубопровода со sprысками. Аэраторы песколовок выполняются из пластмассовых труб с отверстиями диаметром 3,1÷5 мм и устанавливаются на глубине $(0,7\div 0,75)H_s$. Для приема осадка в верхней части пескового лотка имеется щель, которая закрывается клапанами при смыве осадка за счет повышения давления в лотке. Смывной трубопровод диаметром 159 мм укладывается посередине днища пескового лотка. С двух сторон нижней половины трубы через 0,4 м друг от друга приварены sprыски диаметром 10 мм, направленные в сторону выгрузки осадка. Осадок удаляется без выключения песколовки из работы. Осадок из аэрируемых песколовок хорошо отмывается от большого количества органических примесей, поэтому не загнивает при длительном хранении.

3.4. Тангенциальные песколовки

Песколовки данного типа задерживают до 70–75 % песка, зольность которого равна 94 %. Типовых проектов тангенциальных песколовок не разработано, поэтому они строятся и проектируются по индивидуальным проектам. В этих песколовках за счет поступательной и вращательной скоростей более эффективно идет отмывка песка от органических загрязнений. Удаление песка производится чаще с помощью шнека или гидроэлеватора из осадочной части песколовки.

Расчет

1. Площадь песколовок, m^2 , в плане

$$F = \frac{q_w}{q_o},$$

где q_w – расчетный расход сточных вод, $m^3/ч$;

q_o – нагрузка при максимальном притоке, принимается равной $110 m^3/(m^2 \cdot ч)$ [1, п. 6.28в].

2. Диаметр песколовки (при числе песколовок не менее 2-х), м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi n}},$$

где n – число рабочих песколовок, шт.

Вычисленный диаметр не должен превышать 6 м.

3. Объем выпавшего песка, m^3 :

$$W_{п} = \frac{N_{пр}^{BB} \cdot p \cdot T}{1000},$$

где $N_{пр}^{BB}$, p , T – см. подразд. 3.1.

4. Глубина проточной части, м:

$$H = 0,5 \cdot D.$$

5. Высота слоя песка, м, в песковом бункере песколовки

$$h_{\text{п}} = \frac{W_{\text{п}}}{\pi \cdot D_{\text{б}}^2 \cdot n},$$

где $D_{\text{б}}$ – диаметр пескового бункера, принимается 1-2 м.

Слой песка в бункере не должен превышать 1 м.

6. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H + h_{\text{п}} + h_{\text{w}},$$

где $h_{\text{w}} = i(R - R_{\text{б}})$;

здесь i – поперечный уклон дна песколовки, равный 0,2–0,4;

R и $R_{\text{б}}$ – радиусы соответственно песколовки и пескового бункера, м.

Компоновочная схема песколовок приведена на рис. 23.

Разрез 1-1

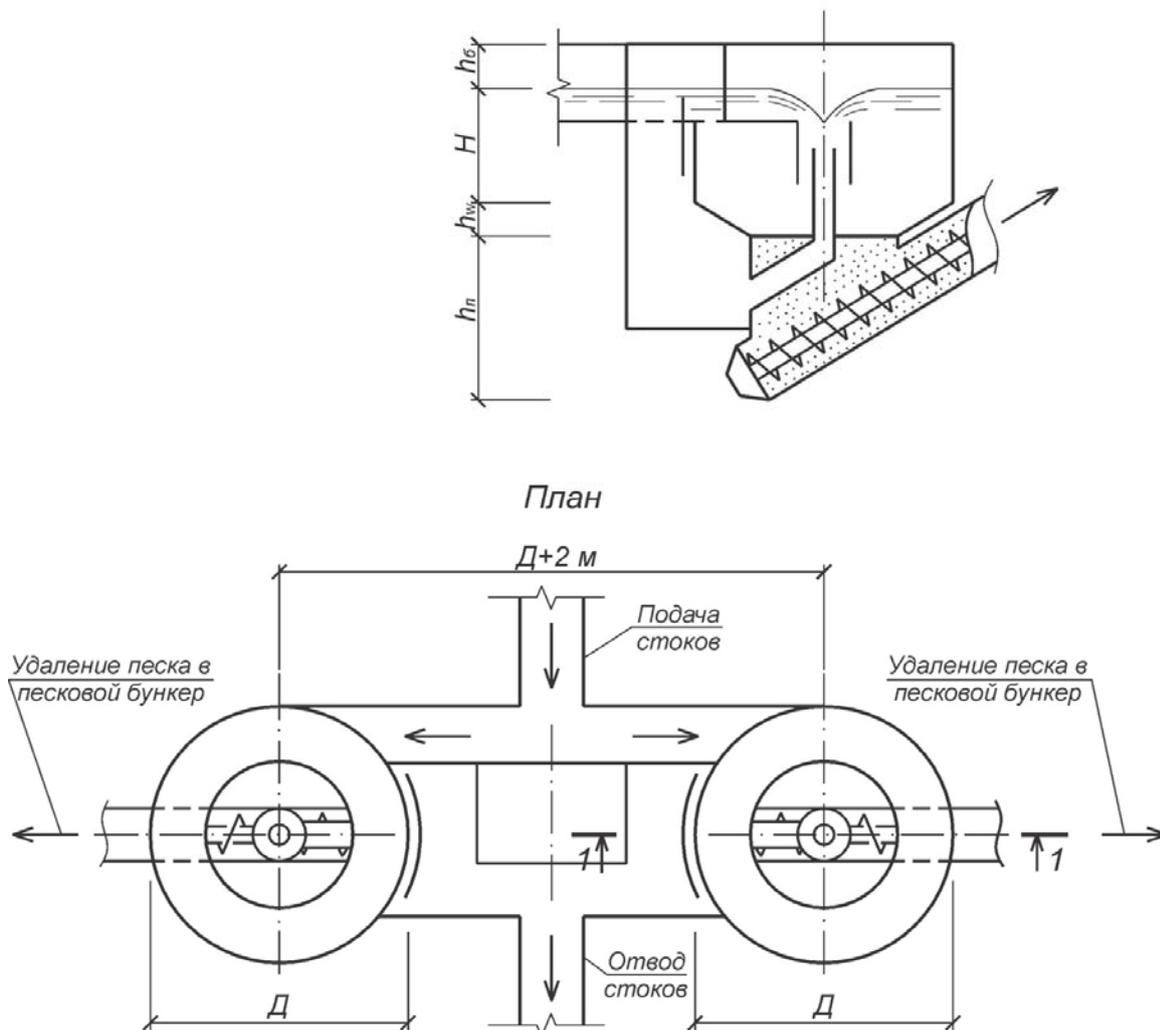


Рис. 23. Схема тангенциальных песколовок

Фирма «АквиТЭК» изготавливает тангенциальные песколовки различной производительности из нержавеющей стали и железобетона. Технические характеристики песколовок приведены в табл. 22. Песколовки оснащены бункерной системой накопления песка и донным выпуском песковой пульпы с ручным или автоматическим управлением. Пульпа по наклонной трубе самотеком транспортируется на песковые площадки.

Т а б л и ц а 22

Технические характеристики тангенциальных песколовок

Наименование показателей	Величина				
Производительность, м ³ /ч	5	10	20	50	100
Габаритные размеры, диаметр × высота, м	0,4×0,96	0,5×1,2	0,6×1,5	0,9×1,5	1,5×1,6

Фирма ЗАО НПФ «ЭКОТОН» производит песколовки тангенциальные ПТ. На рис. 24 приведена схема ПТ.



Рис. 24. Песколовка тангенциальная ПТ фирмы ЗАО НПФ «ЭКОТОН»

Спираль шнекового транспортера песка изготавливается из износостойкой углеродистой стали, остальные детали песколовки – из коррозионно-стойкой стали AISI304, AISI316. Песколовки могут иметь пропускную способность 50 и 100 м³/ч.

Песколовка представляет собой конусообразную емкость с наклонным транспортером осажденного песка. К верхней проточной зоне емкости подходят подводящий и отводящий патрубки сточной воды. В нижней части конусообразной емкости предусмотрен узел промывки песка с подводящим и отводящим патрубками промывной воды. Внутри емкости вертикально установлено перемешивающее устройство, приводимое в движение мотор-редуктором. Еще один мотор-редуктор приводит в движение шнек транспортера песка. Транспортер песка устанавливается под углом 35° и представляет собой набранный из секций неподвижный корпус с расположенным внутри него вращающимся винтом. Круглый в сечении корпус защищен изнутри от истирания износостойкими полимерными вставками. Секции корпуса соединяются между собой фланцевыми соединениями.

Сточная вода поступает в проточную зону конусообразной емкости и перемещается по кругу вдоль ее стенок за счет движения перемешивающего устройства. Песок сползает по стенкам конусообразной емкости и поступает в узел промывки. Отделенная от песка сточная вода по отводящему патрубку направляется на последующие стадии очистки. В узле промывки песок промывается водой под давлением. Для улучшения процесса отмывки песка от органических соединений он перемешивается рабочими органами перемешивающего устройства. Промывная вода отводится на последующие стадии очистки, а песок накапливается в нижней части емкости, где посредством шнекового транспортера перемещается до узла разгрузки и сбрасывается в накопительную емкость или на транспортер.

Возможна автоматизация работы песколовки по времени. Все приводы песколовки (перемешивающего устройства и транспортера) оснащены защитно-пусковой электроаппаратурой. Предусматривается сигнализация нормальной работы оборудования и аварийных ситуаций. По согласованию с заказчиком возможна организация передачи данных о состоянии оборудования в АСУ ТП верхнего уровня с помощью стандартных протоколов связи. Предусмотрена возможность обратного хода шнека (реверса) для снятия возможного заклинивания.

В табл. 23 приведены технические характеристики песколовки ПТ, а в табл. 24 – их типоразмеры.

Т а б л и ц а 23

Технические характеристики песколовки ПТ-50/100

Наименование параметра	ПТ-50	ПТ-100
Максимальная пропускная способность, м ³ /ч	50	100
Скорость подачи сточных вод, м/с	0,6–0,8	0,6–0,8
Диаметр удерживаемых частиц свыше, мм	0,2–0,25	0,2–0,25
Мощность привода перемешивающего устройства, кВт	0,18	0,18
Мощность привода шнекового транспортера, кВт	2,2	2,2
Диаметр транспортного винта, мм	190	190
Масса, кг	620	750

Типоразмер песколовок ПТ-50/100

Тип песколовки	Длина L , мм	Ширина B , мм	Высота H , мм	Диаметр D , мм
ПТ-50	4045	1080	2920	960
ПТ-100	4430	1220	3160	1100

Фирма ЗАО НПФ «ЭКОТОН» выпускает установки механической очистки комбинированные М-комби, представленные на рис. 25.

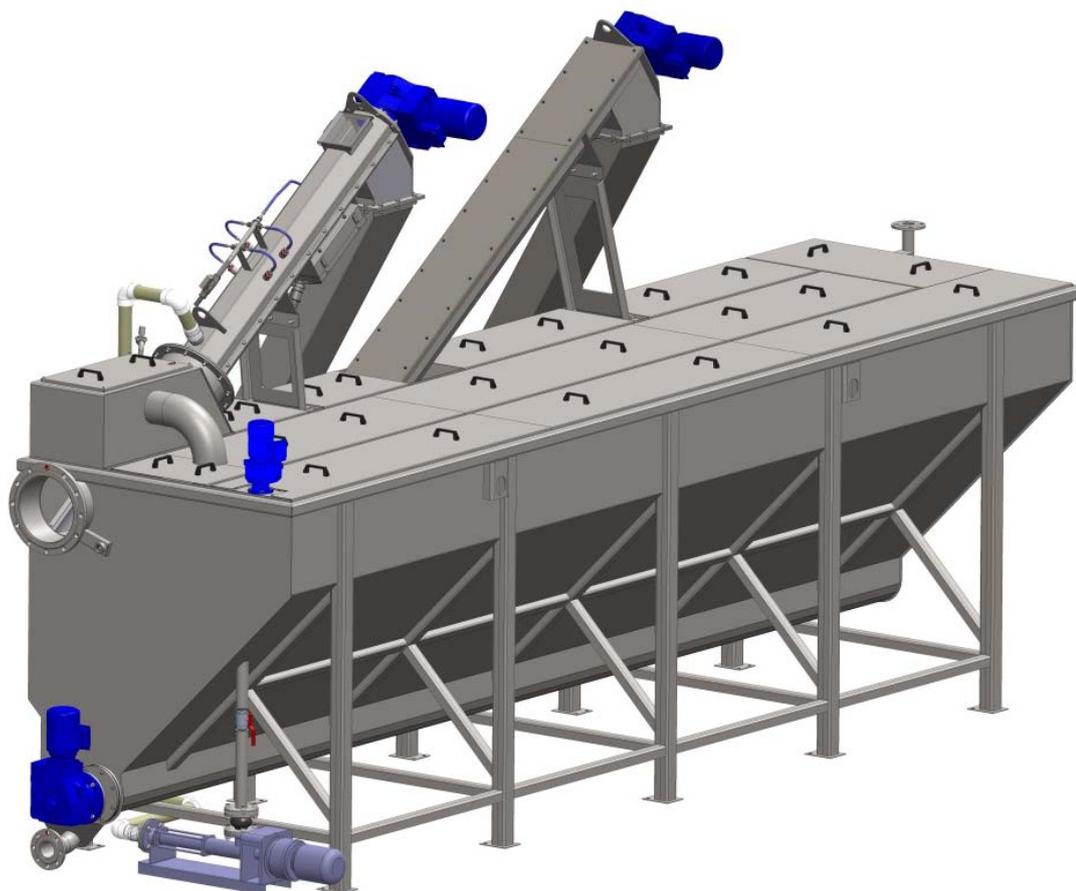


Рис. 25. Песколовка комбинированная М-комби

Установка может применяться как локально, так и в составе очистных сооружений. Модульная конструкция объединяет в себе целый комплекс оборудования для механической очистки: решетки тонкой очистки, аэрируемую песколовку, жироловку, установку отмывки и уплотнения отбросов и песка. Это позволяет значительно сократить затраты на строительство очистных сооружений.

Отмывка отбросов и песка позволяет сохранить органические соединений в сточных водах, что способствует процессу их дальнейшей биологической очистки.

Автоматизированная работа установки позволяет сократить затраты на обслуживающий персонал.

Оборудование выполняется из нержавеющей стали AISI304, AISI316, что обеспечивает его долговечность.

Исходные сточные воды подаются в принимающую камеру на РВО (решетка винтовая отжимная) через входной патрубок самотеком и проходят тонкую механическую очистку. Далее из принимающей камеры сточные воды тангенциально выводятся в ёмкость горизонтальной песколовки. Аэрация ёмкости закручивает потоки сточной воды в осевом направлении, что способствует промывке и осаждению песка. Осажденный песок перемещается против движения воды горизонтальным шнековым транспортом к накопительной камере и далее обезвоживается и выгружается наклонным шнеком. Осветленная сточная вода через перелив отводится с помощью выходного патрубка. Регулировка уровня воды в установке производится путем изменения высоты перелива.

В табл. 25 приведены технические характеристики и конструктивные размеры модульных установок М-комби.

Т а б л и ц а 25

Технические характеристики и конструктивные размеры
модульных установок М-комби

Габаритные размеры установок	Производительность установки, м ³ /ч														
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Длина А, мм	5500	6700	8000	9300	10600	9400	10400	11400	12400	13400	14400	14100	15000	15900	16800
Ширина В, мм	2130					2400					2550				
Высота С, мм	3372					3600					3700				
Ориентировочная масса металлоконструкций, кг	2332	2681	3060	3438	3816	4757	5147	5537	5927	6317	6707	6954	7314	7674	8034
Масса установки, залитой водой, не более, кг	7790	12731	15060	17388	19716	25249	27819	30389	32959	35529	38099	44742	47514	50286	53058
Установленная мощность, кВт	2,32					3,82					4,87				

3.5. Вертикальные песколовки

Песколовки вертикального типа (серия РВТ) изготавливаются фирмой «Акви ТЭК» из полипропилена, соединительные части – из нержавеющей стали. Технические характеристики песколовки представлены в табл. 26, схема – на рис. 26.

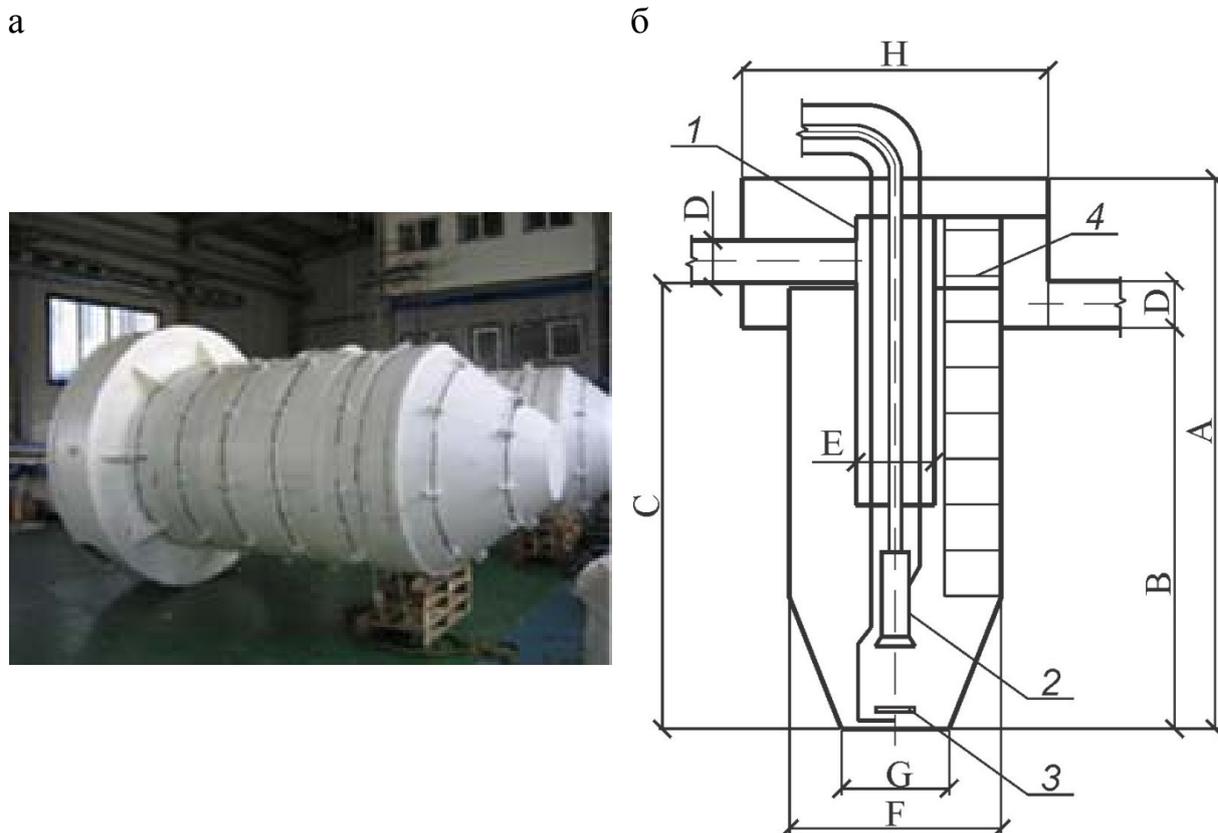


Рис. 26. Схема песколовки вертикального типа (серия РВТ):
а – общий вид; б – конструктивная схема:
1 – приточный (успокоительный) цилиндр; 2 – эрлифт;
3 – аэрационный элемент; 4 – лестница (для РВТ 1700)

Сточная вода поступает в центральный цилиндр песколовки, где происходят частичное снижение скорости и успокоение поступающей воды. По мере движения воды по центральному цилиндру в нижнюю часть песколовки скорость течения снижается до такой степени, что зерна песка, находящиеся в воде, начинают осаждаться в пространстве аккумуляции песка. Освобожденная от песка вода поднимается через внешнее затрубное пространство к гребню водослива и стекает по трубопроводу. Собранный в аккумулялирующем пространстве песколовки песок после его пневматического взмучивания с помощью среднепузырчатого аэрационного элемента откачивается эрлифтом в специальную емкость, оборудованную системой отвода отстаившейся воды.

Т а б л и ц а 26

Технические характеристики вертикальных песколовок (серия РВТ)

Тип песколовки	Ед. изм	РВТ						
		450	600	800	1000	1200	1500	1700
Производительность	л/с	5,5	12	22	33	50	80	104
<i>A</i> – общая высота	мм	2910	2910	4010	4010	4010	4010	4010
<i>B</i> – высота выпуска от основания	мм	2450	2450	3450	3450	3450	3450	3450
<i>C</i> – высота притока от основания	мм	2550	2550	3610	3610	3610	3610	3610
<i>D</i> – наружный диаметр подводящего и отводящего патрубка	мм	160	200	200	250	250	315	315
<i>E</i> – диаметр успокоительного цилиндра	мм	250	250	300	400	400	500	500
<i>F</i> – диаметр корпуса песколовки	мм	450	600	800	1000	1200	1500	1700
<i>G</i> – диаметр низа конической части песколовки	мм	250	250	300	400	400	500	500
<i>H</i> – диаметр сливной части	мм	700	1100	1400	1600	2000	2300	2500
Запас песка	м ³	0,06	0,10	0,26	0,39	0,75	0,94	0,94
Подающая труба на одну песколовку <i>D_y</i>	мм – дюйм	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"
Количество воздуха на одну песколовку	м ³ /ч	10	10	10	20	20	30	30
Подающая труба на эрлифт <i>D_y</i>	мм – дюйм	25-3/4"	25-3/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"	40-5/4"
Ориентировочное количество воздуха на эрлифт	м ³ /ч	12	12	25	25	30	30	30
Отводящая труба эрлифта <i>D_y</i>	мм	50	50	90	90	90	90	90
Требуемое избыточное давление	кПа	250	250	350	350	350	350	350
Максимальное избыточное давление	кПа	600	600	600	600	600	600	600
Глубина аккумулирующего пространства	мм	600	600	750	750	800	800	800
Масса	кг	50	70	105	125	140	160	185

Вертикальные песколовки удобны для накопления больших объемов песка. Их целесообразно применять в полураздельных системах канализации и на станциях очистки поверхностных сточных вод. Однако применение в нашей стране вертикальных песколовок весьма ограничено.

В табл. 27 приведена эффективность работы различных типов песколовков, имеющих на Московских станциях аэрации (на примере Курьяновской станции аэрации) [21].

Т а б л и ц а 27

Количество и состав песка, поступающего на очистные сооружения,
и эффективность работы различных видов песколовков

Тип песколовков	Содержание песка в исходной сточной воде			Эффективность работы песколовков, %			Зольность осадка из песколовков, %
	общее, г/м ³	в т.ч., %		общая	по песку фракций		
		больше d=0,25 мм	меньше d=0,25 мм		больше d=0,25 мм	меньше d=0,25 мм	
Аэрируемые (1974–1987 гг.)	11,5-22,5 16,4	29,0-52,3 42,7	44,9-71,0 57,3	32,1-63,7 47,9	81,1-93,7 86,7	9,5-27,0 18,9	60,0-86,0 77,6
Вертикальные (1974-1987 гг.)	14,1-25,9 18,6	37,7-63,6 49,7	36,4-63,3 50,3	59,7-79,1 69,1	92,3-98,3 96,2	33,7-55,9 42,5	69,0-87,0 78,3
Горизонтальные (1961-1968 гг.)	19,5-56,3 33,7	48,2-77,8 68,7	22,2-51,8 31,3	74,9-86,3 80,7	98,0-98,4 99,1	17,0-64,0 43,3	74,0-93,0 88,7

Контрольные вопросы

1. Какие сооружения применяются для выделения из сточных вод минеральных примесей?
2. При каких наименьших расходах сточных вод проектируются песколовки?
3. В зависимости от чего выбирается определенный тип песколовков?
4. Назовите типы песколовков.
5. Когда применяются горизонтальные песколовки с круговым движением воды?
6. Когда применяются тангенциальные песколовки?
7. Когда применяются аэрируемые песколовки?
8. Когда применяются горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды?
9. Цель расчета песколовков.
10. Какова скорость движения сточных вод в песколовках горизонтального типа?
11. Какова скорость движения сточных вод в аэрируемой песколовке?
12. Как удаляется песок из песколовков?
13. Норма выпадающего песка для песколовков горизонтального типа.
14. Норма выпадающего песка для аэрируемых песколовков.
15. Каков период между чистками песка в песколовках, принимаемый по СНиП 2.04.03–85?
16. Какую форму в плане имеют горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды?

17. Какую форму в плане имеют горизонтальные песколовки с круговым движением воды?
18. Какую форму в плане имеют аэрируемые песколовки?
19. Назовите типовые диаметры горизонтальных песколовок с круговым движением воды.
20. Назовите типовые длины аэрируемых песколовок.
21. Время нахождения сточных вод в песколовках горизонтального типа.
22. Время нахождения сточных вод в аэрируемых песколовках.
23. В какие песколовки подается воздух?
24. Минимальное количество рабочих песколовок.
25. Какую форму в плане имеет тангенциальная песколовка?
26. Назовите нагрузку сточных вод при максимальном притоке на тангенциальные песколовки по СНиП 2.04.03–85.
27. Максимальный диаметр тангенциальной песколовки.
28. Принцип работы горизонтальных песколовок ПГ из коррозионной стали ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
29. Схемы аэрируемых песколовок, применяемых в США.
30. На какую производительность изготавливают тангенциальные песколовки фирмы «Акви ТЭК»?
31. Принцип работы тангенциальных песколовок ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
32. Максимальная пропускная способность песколовок ПТ ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
33. Перечислите, что включает в себя модульная конструкция М-комби ЗАО НПФ «ЭКОТОН».
34. Принцип работы М-комби.
35. Из какого материала выполняется оборудование модульной установки М-комби?
36. Конструкция вертикальных песколовок фирмы «Акви ТЭК».
37. Принцип работы вертикальных песколовок.
38. Перечислите типы вертикальных песколовок фирмы «Акви ТЭК».

4. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПЕСКА

Задержанный в песколовках песок удаляется вручную при его объеме до $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, а также механическим, гидравлическим или гидромеханическим способом с транспортированием песка к приемнику и последующим отводом за пределы песколовочных гидроэлеваторами, песковыми насосами и другими средствами при его объеме свыше $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Для подсушивания песка из песколовочных предусматриваются песковые площадки, накопители песка и песковые бункеры.

Подсушенный песок должен вывозиться на полигоны ТБО для переосыпки твердых бытовых отходов либо обеззараживаться и использоваться на КОС.

4.1. Песковые площадки

Песковые площадки проектируют на любую производительность очистной станции с учетом, что в схеме очистки сточных вод есть песколовки.

Песковые площадки – это земельные площадки, разбитые на карты с ограждающими валиками высотой 1–2 м. Песок в виде песчаной пульпы перекачивается на площадки, фильтрат от песковых площадок собирается и перекачивается в канал перед песколовками.

Расчет

1. Полезная площадь, м^2 , песковых площадок

$$F_{\text{полез}} = \frac{W_{\text{п}} \cdot 365}{q_0},$$

где $W_{\text{п}}$ – объем песка, удаляемого из песколовочных за сутки, м^3 ;

q_0 – нагрузка на площадку, принимаемая $3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в год по [1, п. 6.33].

2. Полная площадь песковых площадок, м^2 , с учетом проездов и валиков:

$$F_{\text{п}} = F_{\text{полез}} \cdot (1,2 - 1,3).$$

Определяется количество площадок, шт., при этом задаются ширина b и длина l одной площадки:

$$N = \frac{F_{\text{полез}}}{f},$$

где f – площадь одной песковой площадки, м^2 ,

$$f = b \cdot l.$$

Схема песковых площадок приведена на рис. 27.

Можно принимать площадки как квадратные, так и прямоугольные следующих размеров: 25×25; 50×50; 75×75; 100×100; 25×50; 50×75; 75×100 и т.п.

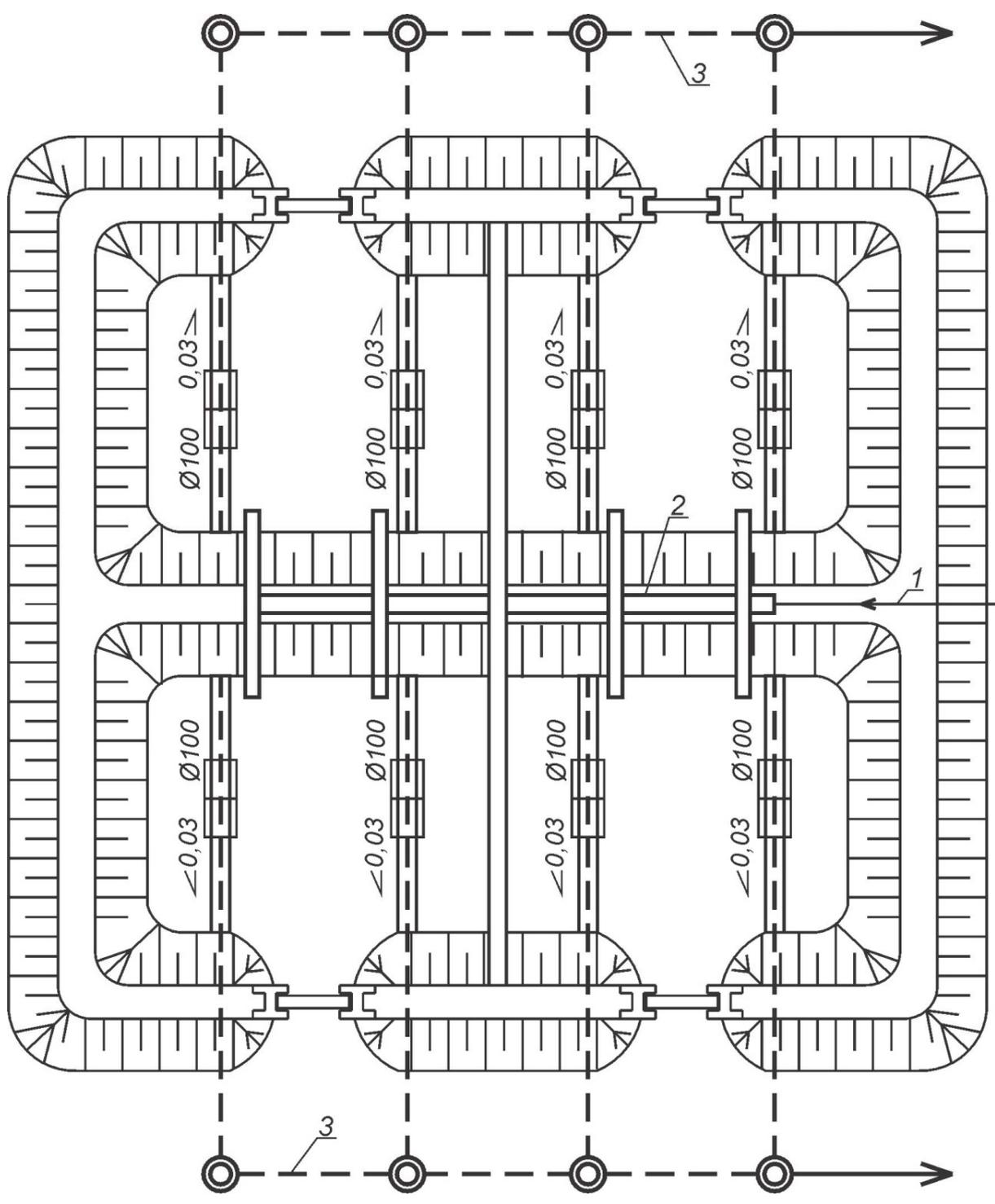


Рис. 27. Схема песковых площадок:
 1 – пескопровод; 2 – разводящий лоток;
 3 – трубопровод для отвода дренажной воды

Для съезда автотранспорта на песковые площадки надлежит устраивать пандусы с уклоном 0,12–0,2, уклон разводящих труб или лотков для напуска пескопульпы на площадки принимают по расчету, но не менее 0,01. Дренажные лотки и трубопроводы рассчитывают по [6].

4.2. Песковые бункеры

На станциях пропускной способностью до 75 тыс. м³/сут для отмывки песка от органических загрязнений и его обезвоживания устраиваются песковые бункеры с впуском в них пульпы по касательной. Обезвоженный песок выгружается в автомашины и вывозится. Бункеры следует располагать в отапливаемых зданиях с расчетной внутренней температурой плюс 5°С. Бункеры, расположенные вне здания, зимой должны обогреваться горячей водой.

Расчет

1. Объем песка, м³, на который рассчитывают бункеры:

$$W = W_{\text{п}} \cdot t_{\text{н}},$$

где $W_{\text{п}}$ – суточный объем песка, удаляемого из песколовков, м³/сут;

$t_{\text{н}}$ – время хранения песка в бункерах принимается равным 1,5–5 сут по [1, п. 6.34].

2. Объем одного бункера, м³:

$$W_1 = \frac{W}{n},$$

где n – количество бункеров (как правило, задаются двумя бункерами).

3. Объем конической части бункера, м³:

$$W_{\text{кон}} = \left(D^2 + D \cdot d + d^2 \right) \frac{\pi}{12} h_{\text{к}},$$

где D – диаметр бункера поверху, принимается 1,5–2 м;

d – диаметр нижней части бункера, принимается 0,5 м;

$h_{\text{к}}$ – высота конической части бункера, м,

$$h_{\text{к}} = \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2} \right) \text{tg}60^\circ.$$

4. Объем цилиндрической части, м³:

$$W_{\text{цил}} = W_1 - W_{\text{кон}}.$$

5. Высота цилиндрической части, м:

$$h_{ц} = \frac{4W_{цил}}{\pi D^2}$$

Дренажная вода из бункеров возвращается в канал перед песколовками.

Компоновочная схема песковых бункеров приводится на рис. 28.

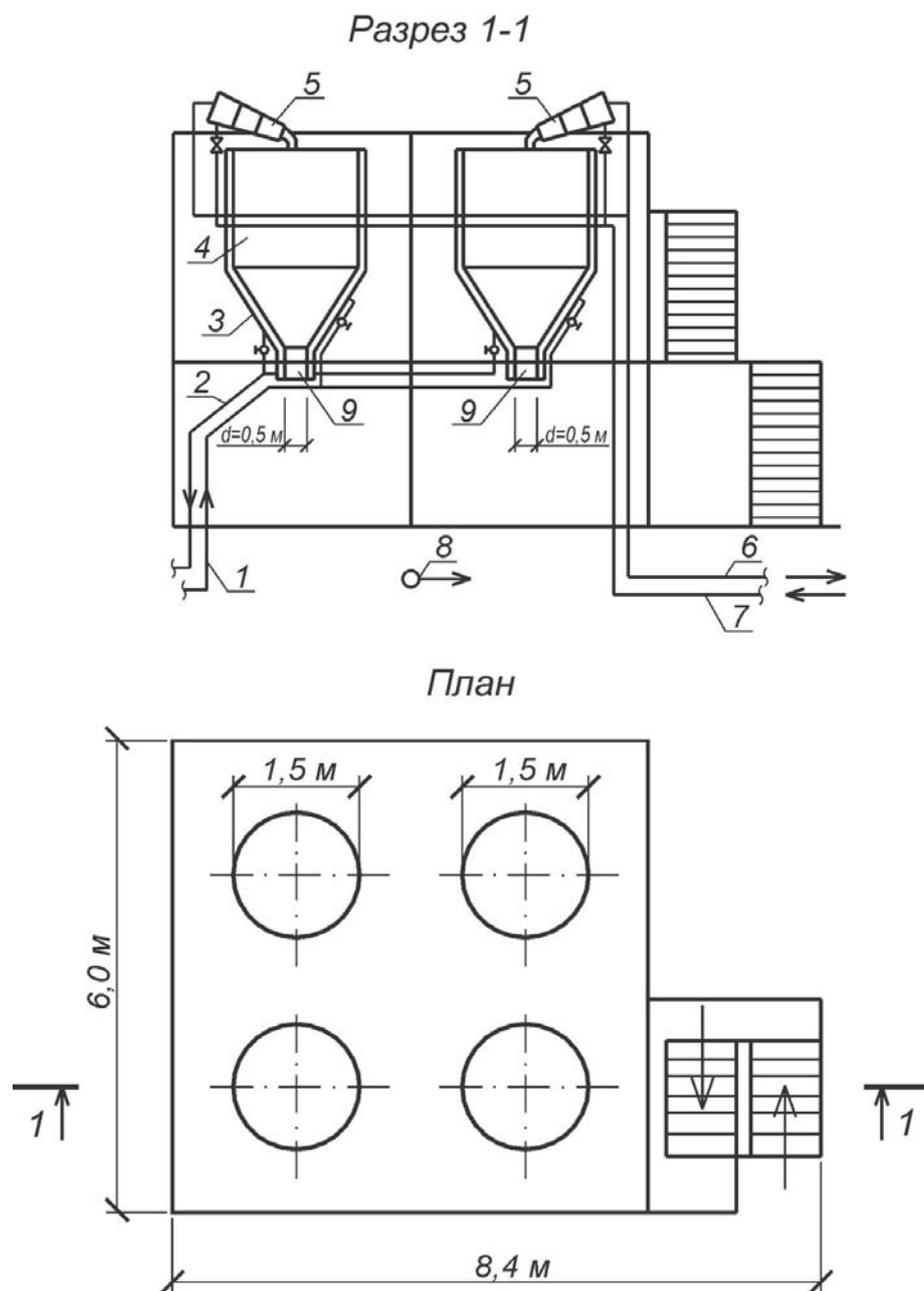


Рис. 28. Площадка песковых бункеров диаметром 1,5 м.

Разрез песковых бункеров:

- 1 – подвод воды в систему отопления; 2 – отвод воды из системы отопления;
- 3 – теплоизоляция; 4 – бункер; 5 – гидроциклон; 6 – отвод воды от гидроциклонов;
- 7 – подвод пульпы к гидроциклонам; 8 – отвод сточной воды в канализацию;
- 9 – выгрузочное отверстие с затвором

4.3. Сепараторы песка

Выгружаемый из песколовков осадок, содержащий значительное количество органики, является опасным с санитарной точки зрения и требует специальной обработки.

Новая технологическая схема обработки осадка, разработанная на кафедре водоотведения МГСУ, включает промывку осадка восходящим потоком воды и последующее разделение песка и органических включений на барабанном сетчатом сепараторе с одновременной промывкой осадка (рис. 29).

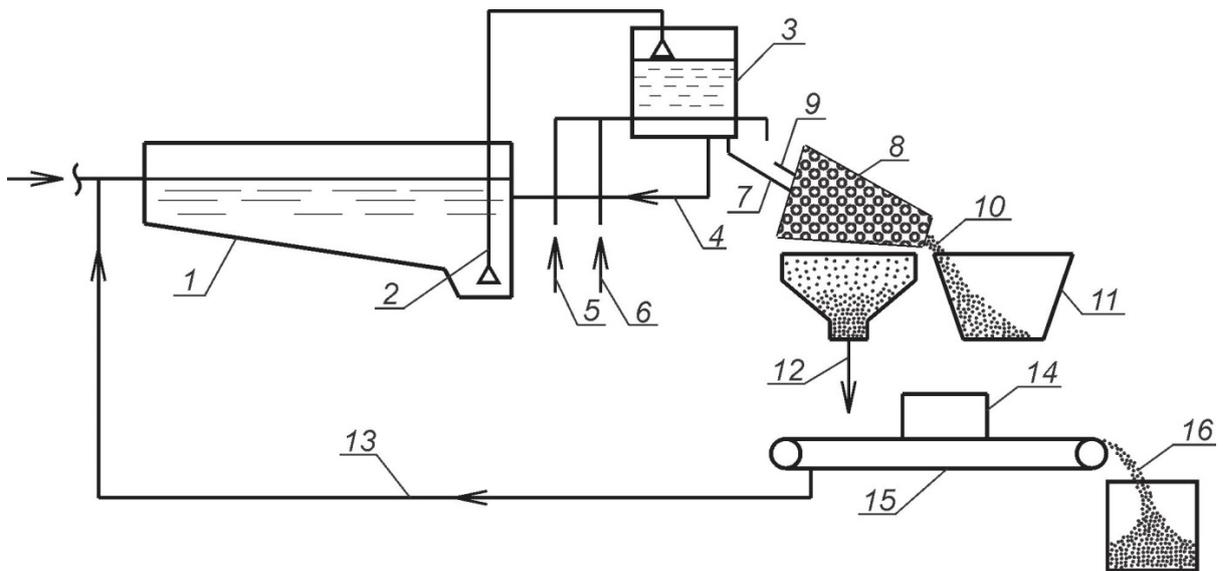


Рис. 29. Схема узла по обработке осадка из песколовков:

- 1 – песколовка; 2 – гидроэлеватор; 3 – пескопромыватель; 4 – возврат воды;
- 5 – промывная вода; 6 – воздух; 7 – осадок в барабанный сепаратор;
- 8 – барабанный сепаратор; 9 – промывная вода; 10 – органика из сепаратора;
- 11 – бункер для органики; 12 – песок; 13 – фильтрат; 14 – пропарочная камера для дезинфекции; 15 – ленточный вакуум-фильтр; 16 – обезвоженный песок

На Люберецкой станции аэрации (г. Москва) обработка осадка песколовков на гидроциклонах дополняется его промывкой на шнековых классификаторах.

Можно для отмывки и обезвоживания песка применять специальные бункера, приспособленные для последующей погрузки песка в автотранспорт. Такие бункера могут выполняться по типу тангенциальных песколовков.

Сепараторы песка PST (классификаторы песка), изготовленные из нержавеющей стали, выпускает компания «Мева» (рис. 30). Габаритные размеры и типоразмеры сепараторов приведены в табл. 28 и 29 соответственно.

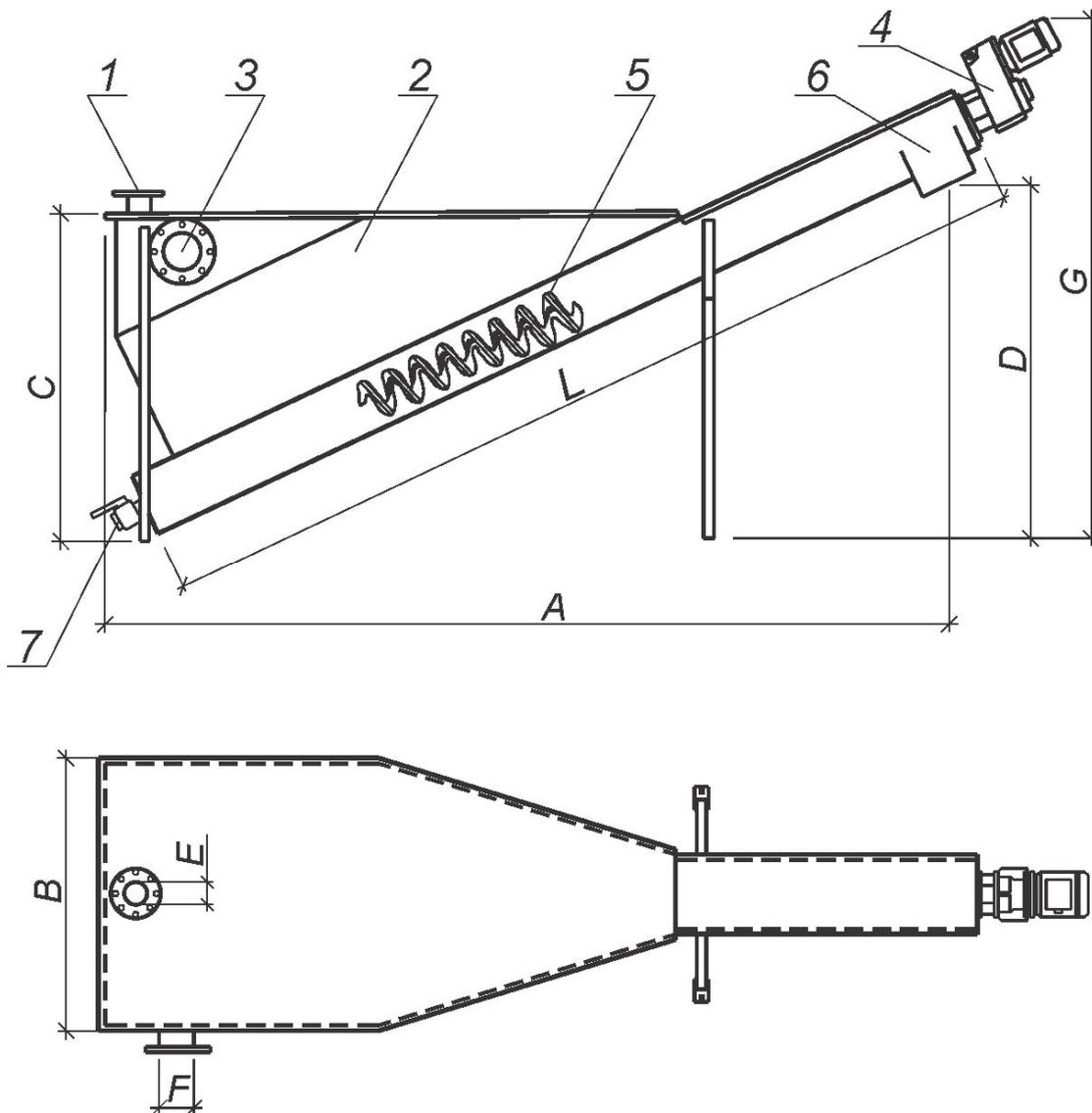


Рис. 30. Сепаратор песка компании «Мева»:
 1 – подвод воды; 2 – бункер; 3 – отвод воды; 4 – привод; 5 – спираль;
 6 – место выгрузки; 7 – сливной кран

Т а б л и ц а 28

Габаритные размеры сепараторов песка

Тип сепараторов песка	Габаритные размеры, мм							
	A	B	C	D	E DN	F DN	L	G
200	3060	992	1250	1330	65	125	3300	2023
250	3684	1184	1397	1543	100	150	4000	2295
320	4575	1550	1745	1885	150	200	4800	2965
360	5680	1700	2000	2390	200	250	6000	3186
420	6430	1950	2290	2725	200	250	6800	3545

Т а б л и ц а 29

Типоразмеры сепараторов песка

Тип	Диаметр спирали		Сечение спирали		Производительность		Привод		
	мм	дюймы	мм	дюймы	л/с	галл/мин	кВт	об/мин	Nord
200	170	6,7	40×15	1,6×0,6	0-6	0-95	0,25	5,0	2382
250	210	8,3	50×20	2,0×0,8	6-10	95-160	0,37	4,8	3382
320	285	11,2	60×25	2,4×1,0	10-18	160-285	0,55	4,6	4382
360	320	12,6	60×25	2,4×1,0	18-25	285-395	0,75	4,6	4382
420	365	13,6	60×25	2,4×1,0	25-32	395-500	0,75	4,6	4382

Принцип действия PST следующий. Поступающие сточные воды закачиваются через входное отверстие (1) в бункер-отстойник (2) сепаратора с интервалами в пять – десять минут. Вода вытекает из бункера через отвод воды (3). Отложение осадка происходит в течение следующих пяти – десяти минут, после которых привод (4) вращает спираль (5) медленно в течение двух – пяти минут. Осушенные частицы выгружаются через выход (6). Сепаратор может быть опорожнен через сливной кран (7).

Компания «Meva» также выпускает установки по промывке песка и для обезвоживания осадка из отстойников. Установки SWA уменьшают органическое содержание в конечном продукте до 1÷5%, что соответствует установленному международному уровню, влажность осадка – менее 10%. Технические характеристики установок SWA приведены в табл. 30, конструктивная схема – на рис. 31.

Т а б л и ц а 30

Технические характеристики установок SWA

Технические характеристики	Тип установок SWA				
	SWA 5	SWA 100	SWA 10	SWA 20	SWA 30
Производительность, л/с	4-6	10-14	8-12	16-25	25-35
Максимальный выпуск песка, м ³ /ч	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6-0,8	1,0-1,5
Двигатель, кВт	2х0,37	2х0,37	2х0,37	2х0,37	2х1,1
Общая длина А, мм	3910	3611	4640	5440	6465
Общая высота В, мм	2260-2600	2676-2776	2640-3370	3040-3770	3080-3580
Общая ширина С, мм	1680	1913	1970	2400	2400

Осадок из отстойников подается в установку промывки песка через входной патрубок, расположенный на вершине емкости установки. В конической емкости из осадка отделяется песок. Вода отводится через выпуск в верхней части конуса. Основная часть органики вымывается встроенной системой промывки и отводится через выпуск для органических веществ. Мешалка увеличивает разделение во время заполнения осадка и его промывки.

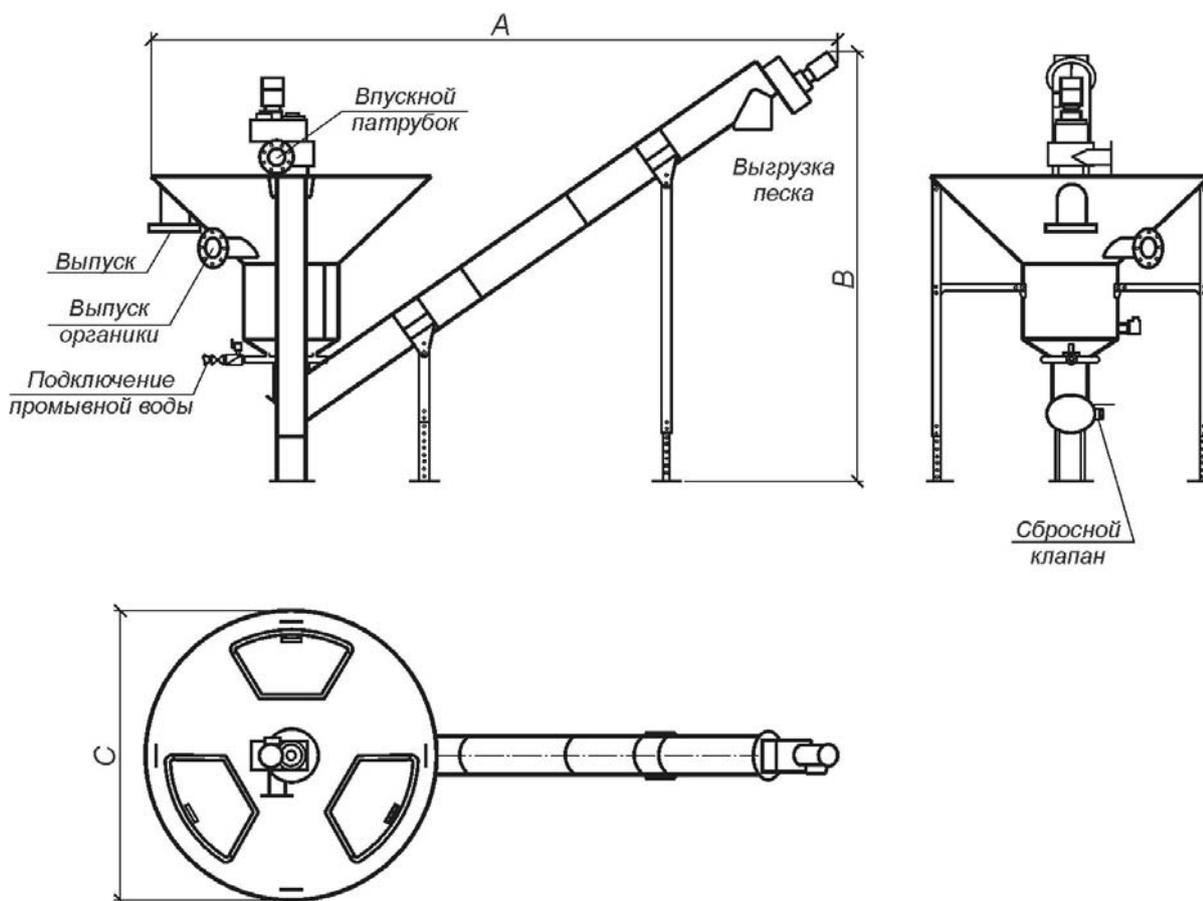


Рис. 31. Установка по промывке песка SWA «Meва»

При достижении заданного уровня песка запускается спиральный транспортер. Отмытый песок осушается во время транспортировки к месту выгрузки.

Контрольные вопросы

1. Что предусматривается для подсушивания песка из песколовок?
2. При каком значении объема песка задержанный в песколовках песок удаляется вручную?
3. На какую производительность сточных вод проектируются песковые площадки?
4. На какую производительность сточных вод проектируются песковые бункеры?
5. Цель расчета песковых площадок.
6. Цель расчета песковых бункеров.
7. Какова нагрузка песка на песковую площадку по СНиП 2.04.03–85?
8. Как определяется полная площадь песковых площадок?
9. Какую форму в плане имеют песковые площадки?
10. Какую форму в плане имеют песковые бункеры?
11. Как отводится дренажная вода с песковых площадок?

12. Время хранения песка в песковых бункерах.
13. В каких пределах принимается диаметр пескового бункера
поверху?
14. Минимальное количество рабочих песковых площадок.
15. Минимальное количество рабочих песковых бункеров.
16. Каков диаметр нижней части пескового бункера?
17. Куда направляется дренажная вода с песковых площадок и
бункеров?
18. Охарактеризуйте техническую схему обработки осадка,
разработанную на кафедре водоотведения МГСУ.
19. Принцип работы сепараторов песка PST компании «Meva».
20. Принцип работы установок по промывке песка SWA «Meva».

5. ВОДОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЛОТКИ

На канализационных очистных сооружениях необходимо измерять расходы сточных вод, иловой смеси, осадков, растворов реагентов, воздуха, подаваемого в аэротенки, преаэраторы и другие сооружения.

Следует предусматривать возможность измерения как общих, так и местных расходов сточных вод по секциям, узлам и отдельным сооружениям.

Измерять расходы воды можно в напорных трубопроводах и в открытых каналах, причем первое предпочтительно, так как обеспечиваются более высокая точность и меньшие потери напора [38].

Для измерения расхода воды в открытых каналах применяются водосливы с тонкой стенкой (треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, а также с широким порогом (прямоугольного и треугольного профилей, с широким порогом САНИИРИ), лотки Вентури, Паршалля, САНИИРИ (рис. 32). Водосливы с тонкой стенкой, а также с широким порогом прямоугольного профиля можно использовать для измерения расхода очищенных сточных вод жидкости без крупных механических включений.

Водосливы с порогом треугольного профиля, а также с порогом САНИИРИ применяются для измерения взвесенесущих сточных вод в каналах относительно большой ширины. Лотки Вентури предназначены для измерения расхода воды в каналах прямоугольного сечения [37]. Рекомендуются использовать их по типовому проекту 902-9-44.87. Размеры лотка Вентури принимаются по табл. 31.

Т а б л и ц а 31

Водоизмерительные лотки Вентури

Типо-размер	Расчетный расход, м ³ /ч	Размеры, мм			
		<i>B</i>	<i>H</i>	<i>L</i>	<i>A</i>
1	2	3	4	5	6
1	100	200	300	2100	200
2	320	300	600	2900	300
3	500	450	600	3100	450
4	1250	600	900	5000	600
5	4000	900	1200	6500	800
6	5000	1200	1200	7000	1050
7	8000	1800	1200	7600	1600
8	10000	2400	1200	8500	2100
9	20000	2400	1800	11800	2100

П р и м е ч а н и е . Буквенные обозначения размеров лотка приняты следующие: *B* – ширина водоизмерительного лотка, *H* – строительная высота, *L* – общая длина, *A* – ширина отводящего канала (лотка).

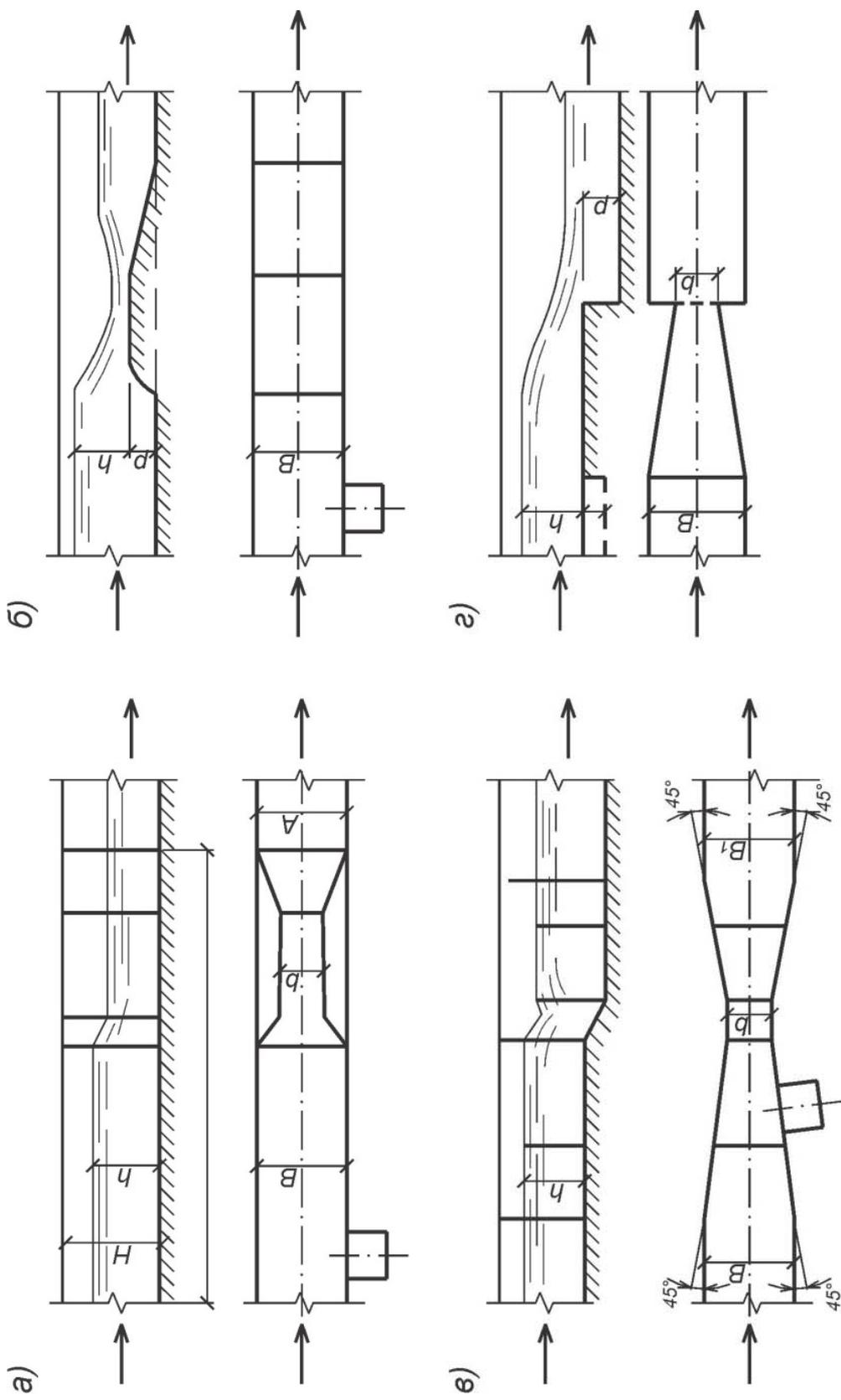


Рис. 32. Расходомерные лотки:

а – схема лотка Вентури, в котором сжатие потока происходит вследствие сужения боковых стенок, дно – горизонтальное;
 б – схема лотка Вентури, в котором сжатие потока происходит в результате подъема дна (образование порога)
 при параллельных в плане боковых стенах; в – схема лотка Паршалля; г – схема лотка САНИИРИ

Лотки Паршала используются для измерения расхода воды в больших каналах относительно малой глубины. При проектировании измерительных устройств с водосливами и лотками следует иметь в виду, что они при всех режимах работы очистных сооружений должны быть в условиях неподтопленного истечения. Гидравлический расчет измерительных устройств с водосливами и лотками можно произвести по [11]. Измерительные водосливы с порогом треугольного профиля принимаются по типовому проекту 902-2-448.88 в зависимости от расчетного расхода сточных вод. Конструктивные размеры водосливов принимаются по табл. 32.

Т а б л и ц а 32

Измерительные водосливы с порогом треугольного профиля

Типо-размер	Расчетный расход, м ³ /ч	Размеры, мм			Рекомендуемые минимальные уклоны лотка	
		ширина подводящего лотка <i>B</i>	строительная высота <i>H</i>	длина <i>L</i>	подводящего	отводящего
1	2	3	4	5	6	7
1	1250	600	900	2600	0,002	0,004
2	2000	900	900	2600	0,002	0,003
3	5000	1200	1200	4000	0,002	0,003
4	16000	1800	1500	6500	0,002	0,003
5	20000	2400	1500	6500	0,001	0,002
6	25000	3000	1500	8000	0,001	0,002

Контрольные вопросы

1. Какие сооружения применяются для измерения расхода сточной воды в открытых каналах?
2. В зависимости от чего принимаются типоразмеры водоизмерительных лотков Вентури?
3. При каких условиях проектируются лотки Паршала?

6. СМЕСИТЕЛИ

Смесители на очистных сооружениях канализации могут применяться для смешения сточных вод с реагентами перед последующей их обработкой или на выпуске сточных вод в водоемы. Для смешения сточных вод с реагентами применяют смесители трех типов: ершовые – при расходе сточных вод от 12 до 1400 м³/сут, типа лотка Паршала – от 1400 до 280000 м³/сут и с пневматическим или механическим перемешиванием.

Ершовый смеситель представляет собой канал, внутри которого в шахматном порядке установлены вертикальные перегородки, сужающие сечение и изменяющие направление движения сточной воды с образованием вихреобразного ее движения. Наиболее распространенный вид ершового смесителя представлен на рис. 33.

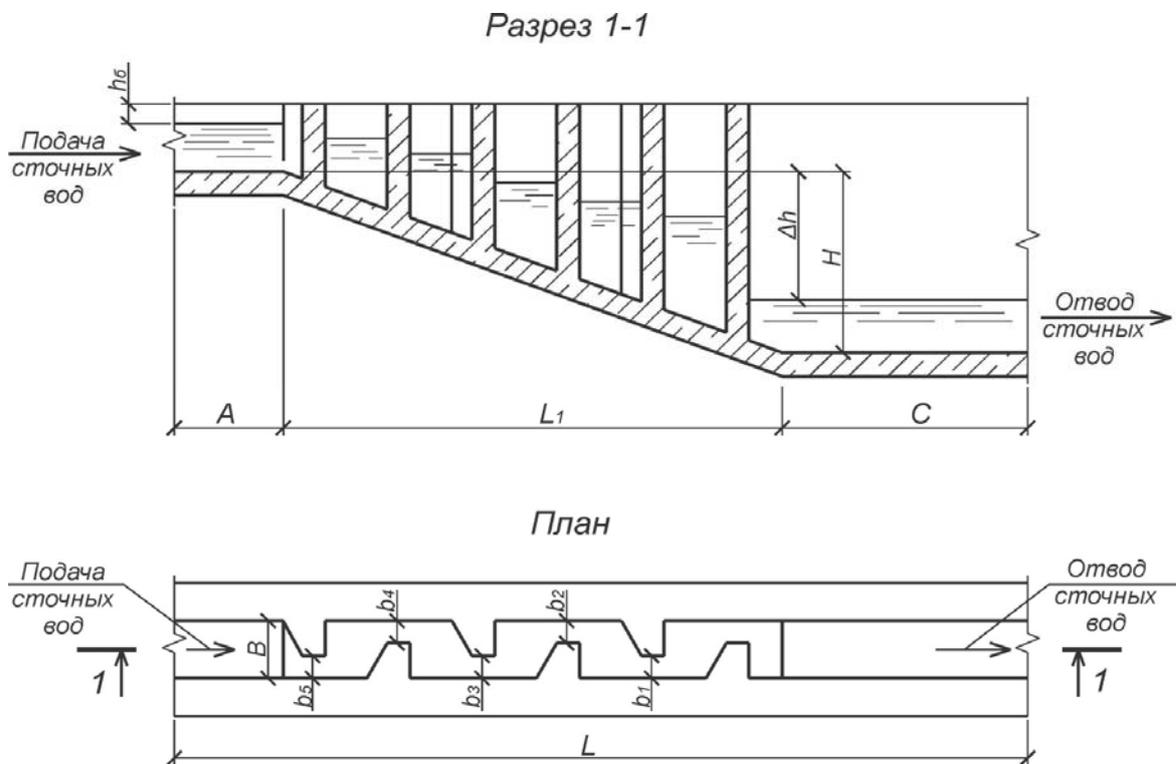


Рис. 33. Ершовый смеситель

Основные характеристики типовых ершовых смесителей приведены в [4] и сведены в табл. 33.

Т а б л и ц а 33

Размеры ершовых смесителей

Пропускная способность, м ³ /сут (макс. л/с)	A	B	C	H	L	L ₁	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
12-700 (17)	0,5	0,2	0,6	0,465	3,13	2,03	0,087	0,063	0,049	0,04	0,034
700-1400 (30)	0,6	0,3	0,6	0,465	4,02	2,82	0,15	0,11	0,087	0,073	0,062

Смеситель типа лотка Паршаля состоит из подводящего раструба, горловины и отводящего раструба. В результате сужения сечения и резкого изменения уклона дна в отводящем раструбе образуется гидравлический прыжок, в котором происходит интенсивное перемешивание потока. Основные характеристики смесителей типа лотка Паршаля представлены в [4] и на рис. 32, в. Размеры смесителя принимаются по типовым проектам и приведены в табл. 34.

Т а б л и ц а 34

Основные размеры смесителя типа лоток Паршаля

Пропускная способность смесителя, м ³ /сут	Ширина горловины, мм	Ширина подводящего лотка <i>B</i> , м	Длина лотка <i>L</i> , м	Общая длина смесителя <i>L</i> ₁ , м	Потери напора, м
1	2	3	4	5	6
1400-4200	230	300	5,85	7,17	0,10
4200-7000	230	450	5,85	9,47	0,14
7000-32000	500	600	6,1	13,67	0,20
32000-80000	1000	900	6,6	13,97	0,20
80000-160000	1000	1200	6,6	14,97	0,34
160000-280000	1500	1500	7,1	15,30	0,35

Первые два типа смесителей используются при обеззараживании сточных вод хлором.

Смесители третьего типа в основном применяются для снижения количества реагентов, добавляемых в сточную воду, при физико-химической очистке.

Контрольные вопросы

1. Для чего проектируются смесители на канализационных очистных сооружениях?
2. Назовите типы смесителей, применяемых на очистных сооружениях канализации.
3. На какую пропускную способность проектируются ершовые смесители?
4. На какую пропускную способность проектируются смесители типа лотка Паршаля?
5. Какие типы смесителей используются при обеззараживании сточных вод хлором?

7. ВЫПУСКИ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

Сточная вода после очистки сбрасывается в водоемы через выпуски. Особенности устройства выпусков диктуются следующими двумя условиями: обеспечением устойчивости самих выпусков, а также максимальным разбавлением сточных вод.

Устойчивость конструкции выпусков зависит от места их расположения и степени воздействия на них потоков сточных вод и воды водоема. Разбавление сточных вод – это снижение концентрации загрязнений в водоемах вследствие перемешивания сточных вод с водой водоема.

По типу водоема выпуски могут быть речные, озерные и морские. По месту расположения они подразделяются на береговые, русловые и глубинные, а по конструкции – на сосредоточенные и рассеивающие [2].

Береговые сосредоточенные выпуски выполняются в виде труб, конец которых расположен в набережной, в виде открытых каналов, быстротоков, многоступенчатых перепадов и оголовков различных конструкций. Береговые выпуски практически не обеспечивают начального разбавления, а дальнейшее разбавление протекает весьма медленно. Применяются они в основном для сброса в водоем атмосферных вод.

Русловые выпуски представляют собой трубопровод, выдвинутый в русло реки и оканчивающийся затопленным одним или несколькими оголовками. При одном оголовке выпуск называется сосредоточенным, а при нескольких оголовках – рассеивающим. Рассеивающие выпуски выполняются также в виде участков труб с отверстиями или щелями, которые должны быть расположены на равном расстоянии друг от друга [2, 3].

Глубинные выпуски аналогичны русловым. Они применяются при сбросе сточных вод в озера, водохранилища и моря и отличаются большим заглублением оголовков.

Конструкция береговых выпусков зависит от взаимного высотного расположения трубопровода или канала и уровня воды в водоеме, амплитуды колебания уровня воды в водоеме, сбрасываемого расхода сточных вод, конфигурации берегового склона и ряда других факторов.

Выпуски рекомендуется проектировать незатопленными, со свободным выходом воды в русла рек или водоемы, с отметкой лотка не ниже средней отметки межженных вод. Затопленные выпуски допускается проектировать в следующих случаях: если незатопленный выпуск может быть поврежден при ледоставе и ледоходе, если устройство незатопленного выпуска нежелательно по архитектурным или санитарным соображениям. Затопленные выпуски должны располагаться ниже нижней кромки льда в период ледостава.

Схема руслового выпуска приведена на рис. 34.

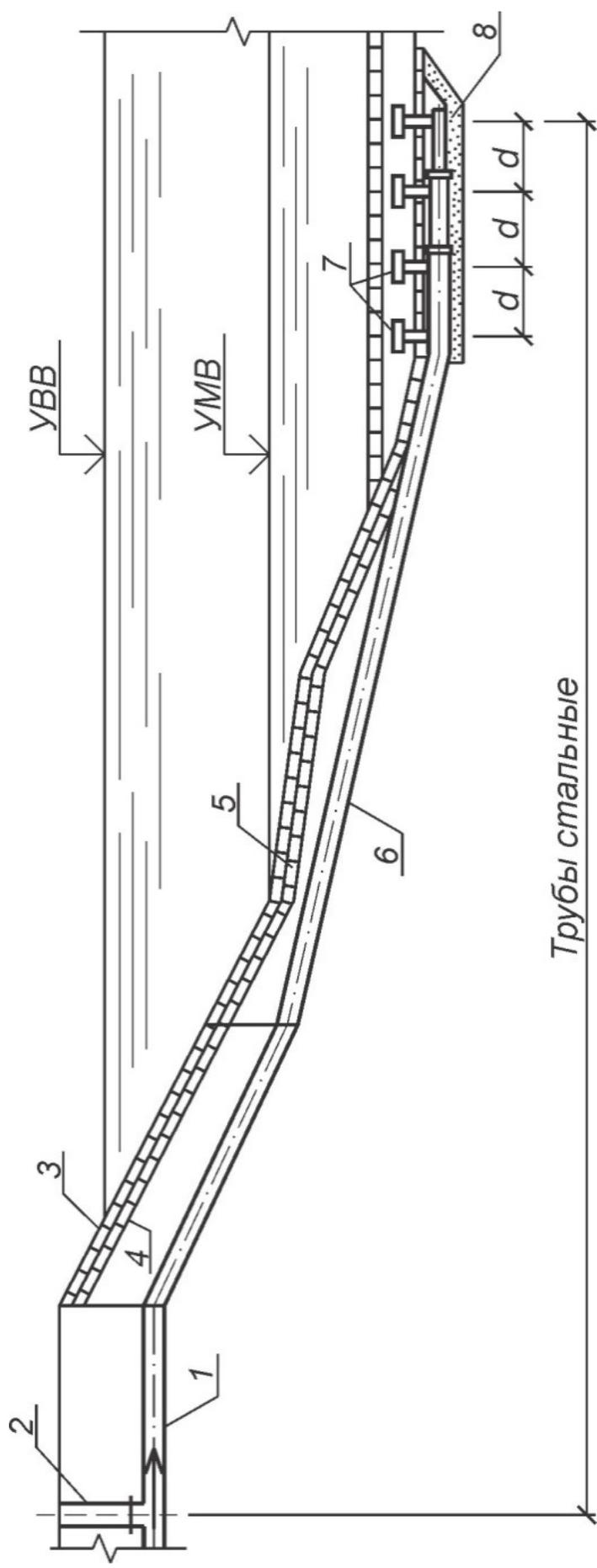


Рис. 34. Схема руслового рассеивающего выпуска в реку:
 1 – самотечный коллектор; 2 – береговой колодец; 3 – растительный грунт; 4 – крепление берега железобетонными плитами;
 5 – крепление берега каменной наброской; 6 – подводный трубопровод выпуска; 7 – оголовки; 8 – песчаная засыпка

Русловые выпуски состоят из подводящего трубопровода, выдвинутого в русло реки, и одного (при сосредоточенном выпуске) или нескольких (при рассеивающем выпуске) оголовков. Оголовки сосредоточенных выпусков обычно выполняются в виде бетонных блоков прямоугольной, ромбической или каплевидной формы и расположены своей длинной осью вдоль потока.

Схемы береговых выпусков приводятся на рис. 35.

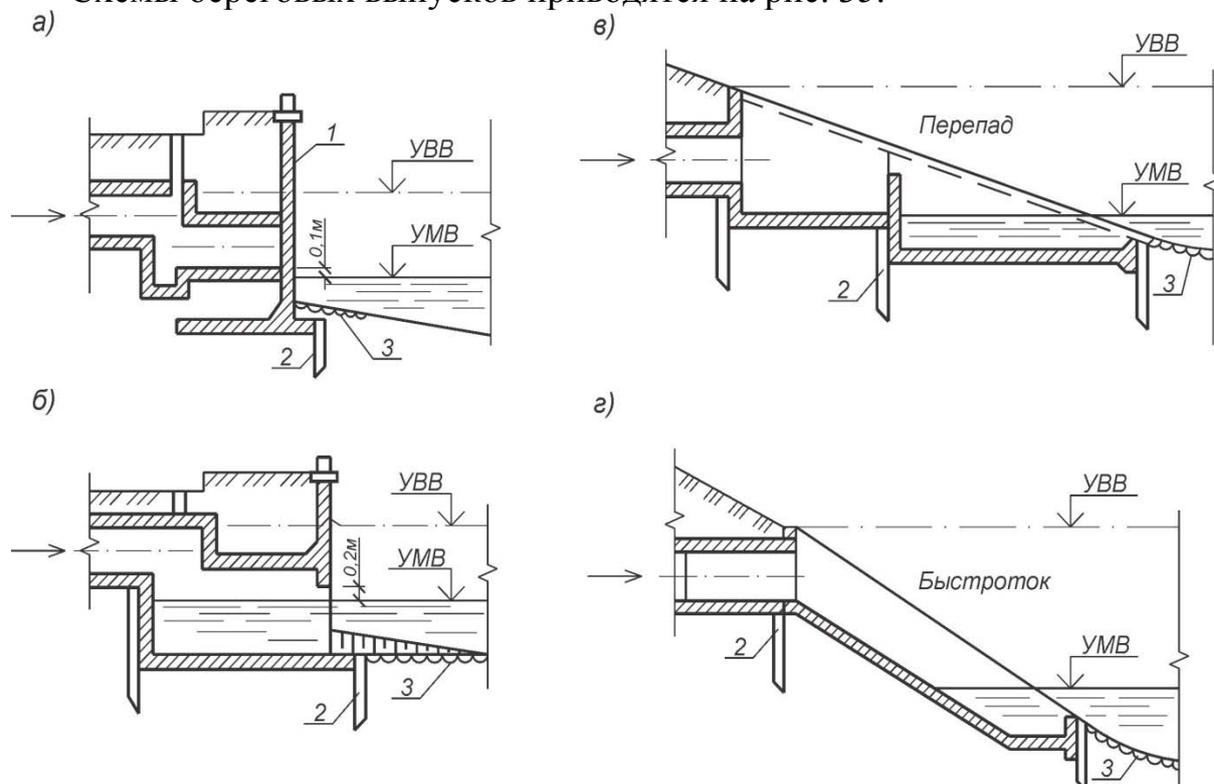


Рис. 35. Схемы устройства береговых выпусков:
а – незатопленный через подпорную стенку (при $q_{\max} < 10 \text{ м}^3/\text{с}$);
б – затопленный через подпорную стенку (при $q_{\max} > 10 \text{ м}^3/\text{с}$);
в – с многоступенчатым колодезным перепадом; г – быстроток;
1 – подпорная стенка; 2 – шпунтовое ограждение; 3 – крепление русла реки

Расчеты выпусков можно производить по [11].

Место устройства выпуска следует уточнить с учетом факторов, способствующих максимальному смешению очищенных сточных вод с водой водоемов. На реках к таким местам относятся участки с повышенными скоростями движения потока и извилистым руслом.

Контрольные вопросы

1. Какие виды выпусков могут быть в зависимости от типа водоема?
2. Какие бывают выпуски по месту их расположения?
3. Какие проектируются выпуски по конструкции?
4. Охарактеризуйте конструкцию берегового выпуска.
5. Охарактеризуйте конструкцию руслового выпуска.
6. Охарактеризуйте конструкцию рассеивающего выпуска.

8. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОСВЕТЛЕНИЯ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Для выделения из сточной жидкости оседаемых взвешенных веществ на очистных сооружениях канализации устраиваются отстойники – горизонтальные и вертикальные. Частным типом горизонтальных отстойников являются радиальные отстойники, в которых очищаемые сточные воды движутся горизонтально от центра к периферии или от периферии к центру. На базе горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойников моделируются разнообразные конструкции отстойников с целью увеличения эффекта осветления сточных вод. В зависимости от производительности очистной станции, требуемого эффекта осветления сточных вод и уровня грунтовых вод выбирается тот или иной тип отстойников.

Первичные отстойники располагаются в технологической схеме очистки сточных вод непосредственно за песколовками и предназначаются для выделения взвешенных веществ из сточной воды, что при достигаемом эффекте осветления 40-60% приводит также к снижению величины БПК в осветленной сточной воде на 20-40% от исходного значения [21].

Во избежание повышенного прироста избыточного активного ила в аэротенках и биопленки в биофильтрах остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной сточной воде после первичных отстойников не должна превышать 100-150 мг/л, что в зависимости от исходной начальной концентрации взвешенных веществ в сточной воде, составляющей 200-500 мг/л, обуславливает выбор наиболее рациональной технологии первичного осветления и требуемой продолжительности отстаивания. На рис. 36 приведена классификация отстойных сооружений [21].

Количество первичных отстойников принимается не менее 2-х при условии, что все отстойники являются рабочими. При минимальном их числе расчетный объем необходимо увеличивать в 1,2–1,3 раза.

8.1. Вертикальные отстойники

Отстойники рекомендуется проектировать для станций производительностью до 20 тыс. м³/сут при уровне грунтовых вод от поверхности земли на площадке очистной станции – 8-9 м, а также при условии дальнейшей очистки сточных вод на биологических фильтрах.

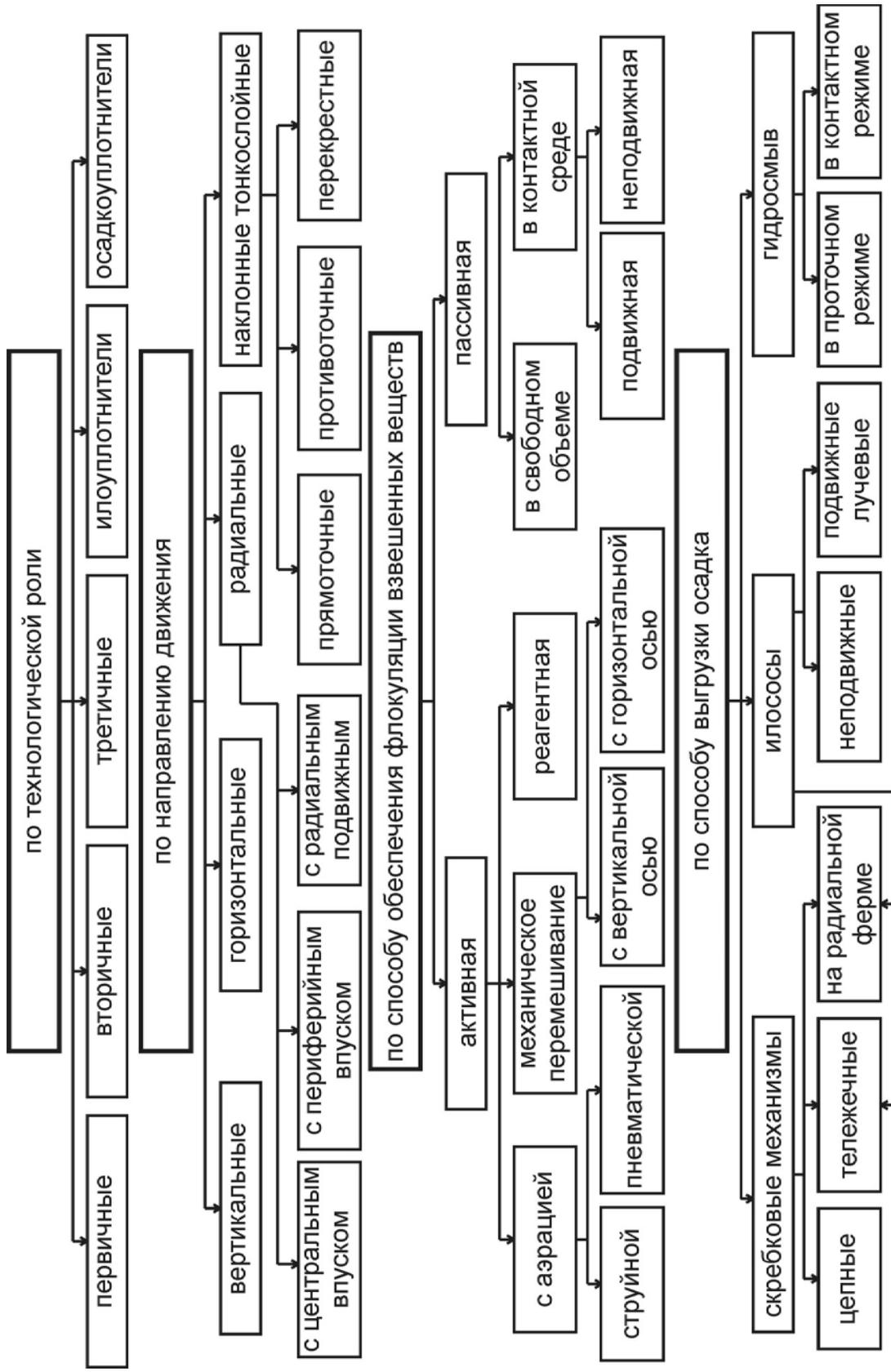


Рис. 36. Классификация отстойников

Расчет

1. Эффект осветления в отстойнике, %:

$$\Xi = \frac{C_{en} - C_1}{C_{en}} 100\%,$$

где C_{en} – усредненная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, мг/л;

C_1 – концентрация взвеси в осветленных сточных водах, которая принимается равной 100-150 мг/л.

2. В зависимости от требуемого эффекта осветления сточных вод и исходной концентрации взвеси определяется скорость восходящего вертикального потока движения жидкости в отстойной зоне v_w с учетом того, что гидравлическая крупность частиц взвеси U_0 должна быть больше скорости v_w . Для городских сточных вод скорость восходящего потока составляет 0,5-0,7 мм/с [21].

Значение U_0 можно найти, используя данные табл. 35, или по [3, рис. 9.15].

Т а б л и ц а 35

Эффективность осветления сточных вод в зависимости от начальной концентрации взвеси и ее гидравлической крупности

Эффект осветления, %	Гидравлическая крупность u_0 , мм/с, при исходной концентрации взвеси C_{en} , мг/л			
	150	200	250	300
1	2	3	4	5
30	1,30	1,80	2,25	3,20
35	0,90	1,30	1,60	2,10
40	0,60	0,90	1,05	1,40
45	0,40	0,60	0,75	0,95
50	0,25	0,35	0,45	0,60
55	0,15	0,20	0,25	0,40
60	0,05	0,10	0,15	0,20

3. Глубина проточной части – расстояние от поверхности воды до низа раструба центральной трубы, м:

$$H_{set} = v_w \cdot t_{set},$$

где v_w – скорость восходящего потока сточных вод в отстойнике, м/с;

t_{set} – продолжительность отстаивания, с,

$$t_{set} = \frac{0,147 \cdot \Xi \cdot 3600}{1 - \left(1 + \frac{22400}{C_{en}^2}\right) \Xi};$$

здесь Ξ – эффект осветления, в долях единицы.

Можно принимать t_{set} по [1, табл. 30] или по табл. 36.

Т а б л и ц а 36

Продолжительность отстаивания сточных вод в покое
в зависимости от эффекта осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1=500$ мм при концентрации взвешенных веществ C_{en} , мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	—	—	7200

Вычисленная величина H_{set} должна быть в пределах 2,7-3,8 м [1, табл. 31] или по табл. 37.

Т а б л и ц а 37

Расчетные параметры отстойников

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v_w , мм/с	Уклон дна к иловому приемку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2 H_{set} - 5 H_{set}$	5-10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-0,05
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2 u_0 - 3 u_0$	-
С тонкослойными блоками: противоточная (прямоточная) схема работы; перекрестная схема работы	0,5-0,7	0,025-0,2	2-6	—	—
	0,8	0,025-0,2	1,5	—	0,005

П р и м е ч а н и е . Коэффициент K_{set} определяет гидравлическую эффективность отстойника и зависит от конструкции водораспределительных и водосборных устройств; указывается организацией-разработчиком.

4. Общий объем проточной части, m^3 , всех отстойников:

$$W = q_{\max} \cdot t_{set},$$

где q_{\max} – расчетный расход сточных вод, m^3/c .

5. Рабочая площадь отстойников, м² (площадь в плане минус площадь центральных труб):

$$F_1 = \frac{W}{H_{set}}$$

6. Площадь центральных труб отстойников, м²:

$$f_1 = \frac{q_{max}}{v_{ц.т.}}$$

где $v_{ц.т.}$ – скорость потока в центральной трубе, принимается по [1, п. 6.63] и равна 0,03 м/с.

7. Общая площадь отстойников, м²:

$$F = F_1 + f_1.$$

8. Задаваясь количеством отстойников n (не менее 2-х) и их формой в плане, определяют их диаметр, м, или сторону квадрата a , м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot n}}; \quad a = \sqrt{\frac{F}{n}}$$

Следует иметь в виду, что типовой диаметр отстойников принимается 4,5; 6; 9,0 м, а сторона квадрата – 3, 6 и 9 м.

Приняв размеры D и H_{set} , м, производят проверку принятых размеров по формулам:

$$R = \sqrt{\frac{q_{max}}{3,6 \cdot \pi \cdot K_{set} \cdot U_o \cdot n}}; \quad a = \sqrt{\frac{q_w}{3,6 \cdot K_{set} \cdot U_o}}$$

где q_w – расчетный часовой расход сточных вод, м³/ч;

U_o – гидравлическая крупность частиц взвеси, мм/с, рассчитываемая по [1, формула (30)];

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, равный 0,35.

9. Диаметр центральной трубы, м:

$$D_{ц.т.} = \sqrt{\frac{4f_1}{\pi \cdot n}}$$

10. Высота щели-зазора между отражательным щитом и обрезом раструба, м:

$$h_{щ} = \frac{q_{max}}{\pi \cdot D_p \cdot v_{щ} \cdot n},$$

где $v_{щ}$ – скорость в щели, принимаемая 0,02 м/с по [1, п. 6.63];

D_p – диаметр раструба, принимаемый $D_p = 1,35 \cdot D_{ц.т.}$, м;

n – количество отстойников, шт.

11. Расчет осадочной части отстойника:

а) количество осадка, м³/ч:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{q_w (C_{en} - C_1)}{(100 - p_{\text{mud}}) \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4},$$

где q_w – расчетный расход сточных вод, м³/ч;

p_{mud} – влажность осадка, принимаемая при самотечном удалении – 95%, при удалении насосами – 93,5–94%;

γ_{mud} – плотность осадка, г/см³, принимаемая 1,05 т/м³ при самотечном удалении осадка и 1,06–1,07 т/м³ – при удалении насосами;

б) объем осадка за сутки, м³/сут, и за период T между чистками, м³:

$$W_{\text{ос}} = 24 \cdot Q_{\text{mud}}; \quad W_{\text{ос}}^T = 24 \cdot Q_{\text{mud}} \cdot T,$$

где T – период накопления осадка, принимаемый по [1, п. 6.66], сут;

в) объем конической части, м³, круглого в плане отстойника:

$$W_{\text{кон}} = \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot h_{\text{кон}} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2),$$

где d – диаметр нижнего основания отстойника (принимается 0,4 м);

$h_{\text{кон}}$ – высота конической части отстойника, м,

$$h_{\text{кон}} = \text{tg}50^\circ \cdot \left(\frac{D-d}{2} \right) = 1,19 \cdot \frac{D-d}{2};$$

здесь 50° – угол наклона стенок днища первичных отстойников (можно принять 60°).

Объем конической части квадратного в плане отстойника, м³:

$$W_{\text{кон}} = \frac{1}{13} \cdot h_{\text{кон}} \cdot (F^2 + \sqrt{F \cdot f} + f^2),$$

где F и f – соответственно площадь отстойника и площадь нижней площадки усеченного конуса, м²,

$$F = a^2; \quad f = b^2.$$

Сторона нижней площадки принимается равной $b=0,4$ м.

$$h_{\text{кон}} = 2 \text{tg}50^\circ (a - b) = 2,18(a - b);$$

г) объем осадка, м³, выпадающего в одном отстойнике:

$$W_1 = \frac{W_{\text{ос}}^T}{n},$$

который сравнивается с $W_{\text{кон}}$, при $W_{\text{кон}} > W_1$ определяется высота слоя осадка $h_{\text{ос}}$, м, по формуле

$$h_{\text{ос}} = \sqrt[3]{\frac{3W_{\text{ос}}^T}{\pi n}} - \frac{d}{2} = \sqrt[3]{\frac{3W_1}{\pi}} - \frac{d}{2}.$$

12. Строительная высота отстойника, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{сет}} + h_{\text{щ}} + h_{\text{нейтр}} + h_{\text{ос}},$$

где $h_{\text{б}}$ – высота борта отстойника над уровнем сточных вод, принимается 0,3 м;

$h_{\text{нейтр}}$ – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и поверхностью осадка, принимается 0,3 м по [1, п. 6.63].

Если высота слоя осадка, м, незначительна, то

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{кон}} + H_{\text{сет}} + h_{\text{б}}.$$

По полученным значениям выбирается типовой проект первичного отстойника.

Типовые проекты приводятся в табл. 38 [16].

Т а б л и ц а 38

Вертикальные первичные отстойники

Номер типового проекта	Расчетные показатели						Примечание
	объем зоны, м ³		расчётная часовая производи- тельность, м ³ /ч	диа- метр, м	глубина, м		
	отстой- ной	оса- доч- ной			цилин- дра	кону- са	
1	2	3	4	5	6	7	8
902-2-355	51,5	8	173,3	4,5	3,6	2,45	монол. бетон А=3,8 м
902-2-354	51,5	8	173,3	4,5	3,6	2,45	сборн. ж/бетон А=3,8 м
902-2-358	119	32	349,2	6,0	4,2	3,35	сборн. ж/бетон А=4,5 м
902-2-360	268	108	785,6	9	4,2	5,15	сборн. ж/бетон А=6,0м
902-2- 393.85	-	-	7 тыс. м ³ /сут	9	4,2	5,15	сборн. ж/бетон встроена камера хлопьеобразования

П р и м е ч а н и я :

1. Удаление осадка осуществляется под гидростатическим давлением по иловой трубе в иловый колодец.

2. Часовая производительность принята для компоновки из 4-х отстойников.

Составляется расчетная схема отстойника, и принимается типовое компоновочное решение (рис. 37).

Компоновка отстойников вертикального типа производится блоками из четырех или восьми штук.

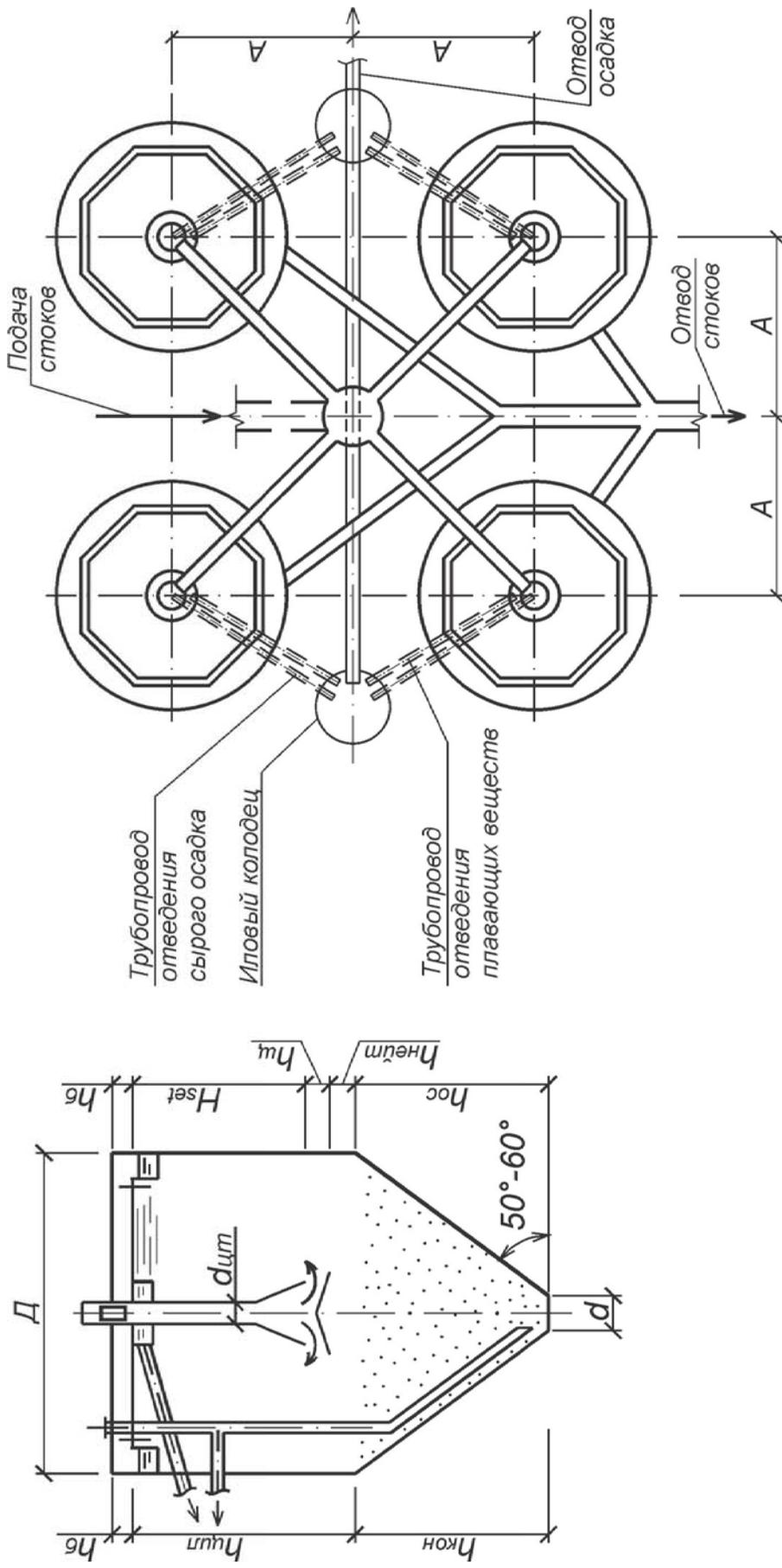


Рис. 37. Расчетная схема отстойника и типовая компоновка блока отстойников

8.2. Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком и периферийным впускным устройством

При необходимости увеличения степени осветления потоков до 60–70 % для станций производительностью до 20 тыс.м³/сут рекомендуется проектировать отстойники с нисходяще-восходящим потоком очищаемой жидкости и периферийным впускным устройством.

Расчет отстойников производится по формулам, приведенным в подразд. 8.1, с учетом некоторых конструктивных особенностей отстойников этих типов.

Конструктивная схема отстойника с нисходяще-восходящим потоком представлена на рис. 38, на рис. 39 – схема вертикального отстойника с периферийным впускным устройством [23].

Расчет вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком

1. Высота проточной части, м:

$$H_{set} = v_w \cdot t_{set},$$

где v_w – скорость восходящего потока сточных вод, принимается равной $2u_0$ или $3u_0$ (можно принимать $v_w = 0,0007$ м/с);

u_0 – гидравлическая крупность частиц взвеси, мм/с;

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, принимается по табл. 36 с учетом, что $\Xi = 60–70\%$.

Вычисленное значение H_{set} должно быть в пределах 2,7–3,8 м [1, табл. 31] или (см. табл. 37).

2. Радиус отстойника, м:

$$R = \sqrt{\frac{q_w}{3,6 \cdot \pi \cdot K_{set} \cdot u_0 \cdot n}},$$

где q_w – расход сточных вод, м³/ч;

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, определяется по [1, табл. 31] или табл. 37;

u_0 – гидравлическая крупность частиц взвеси, рассчитывается по [1, формула (30)], мм/с;

n – количество отстойников ($n \geq 2$ шт.).

Вычисленный R должен быть близок к типовым: 4,5; 6; 9 м.

3. Диаметр полупогруженной перегородки $D_{п}$, м, определяется по формуле

$$D_{п} = \sqrt{2 \cdot R^2}.$$

Площадь нисходящей зоны, m^2 , равна половине площади всего отстойника:

$$f_{\text{нисх}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{n};$$

отсюда

$$D_{\text{нисх}} = \sqrt{\frac{2 \cdot n \cdot f_{\text{нисх}}}{\pi}}.$$

4. Глубина погружения перегородки под уровень сточных вод, м:

$$H_{\text{п}} = \frac{2}{3} \cdot H_{\text{сет}}.$$

5. Расчет осадочной части ведется по формулам, приведенным в подразд. 8.1.

6. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{сет}} + h_{\text{нейтр}} + h_{\text{ос}},$$

где $h_{\text{б}}$, $h_{\text{нейтр}}$, $h_{\text{ос}}$ – см. подразд. 8.1.

При сохранении эффекта осветления, свойственного обычному вертикальному отстойнику (30–50 %), отстойник с нисходяще-восходящим потоком увеличивает пропускную способность в 1,5 раза.

Схема отстойника приводится на рис. 38.

В вертикальном отстойнике с нисходяще-восходящим потоком сточной воды вместо центральной трубы имеется полупогружная перегородка большого диаметра (11). Впуск воды производится через зубчатый водослив (5). Отражательный козырек (6) изменяет направление движения воды с вертикального на горизонтальное. Затем поток поднимается вверх, вода переливается в сборный лоток (8) и отводится трубой (9). Отношение нисходящей и восходящей площадей потока принимается равным 1:1. Высота полупогружной перегородки составляет $2/3$ высоты проточной части отстойника. Всплывающие вещества направляются в приёмную воронку для плавающих веществ (4) и удаляются по трубопроводу (3) из отстойника. Сырой осадок из отстойника удаляется по иловой трубе (12).

Вертикальные отстойники с периферийным впускным устройством конструкции ВНИИ ВОДГЕО (рис. 39) также имеют эффект очистки по взвешенным веществам 60-70%, как и вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком.

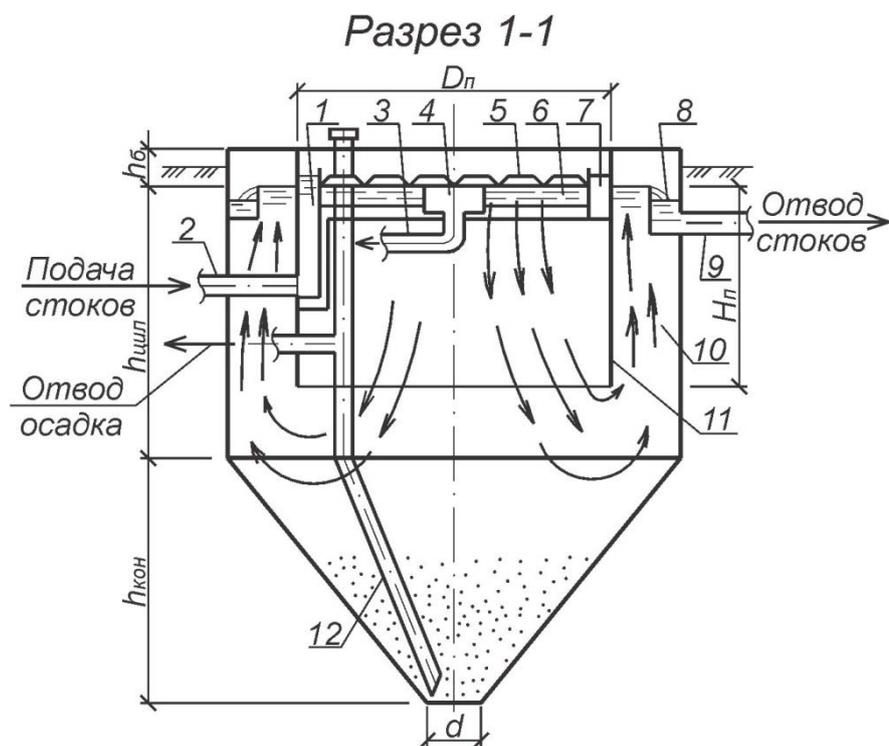


Рис. 38. Схема отстойника с нисходяще-восходящим потоком:
 1 – приемная камера; 2 – подающий трубопровод; 3,4 – трубопровод и приемная воронка соответственно для удаления плавающих веществ;
 5 – зубчатый распределительный водослив; 6 – отражательный козырек;
 7 – распределительный лоток; 8 – периферийный сборный лоток осветленной воды; 9 – отводящий трубопровод; 10 – кольцевая зона восходящего движения;
 11 – кольцевая полупогружная перегородка; 12 – иловая труба

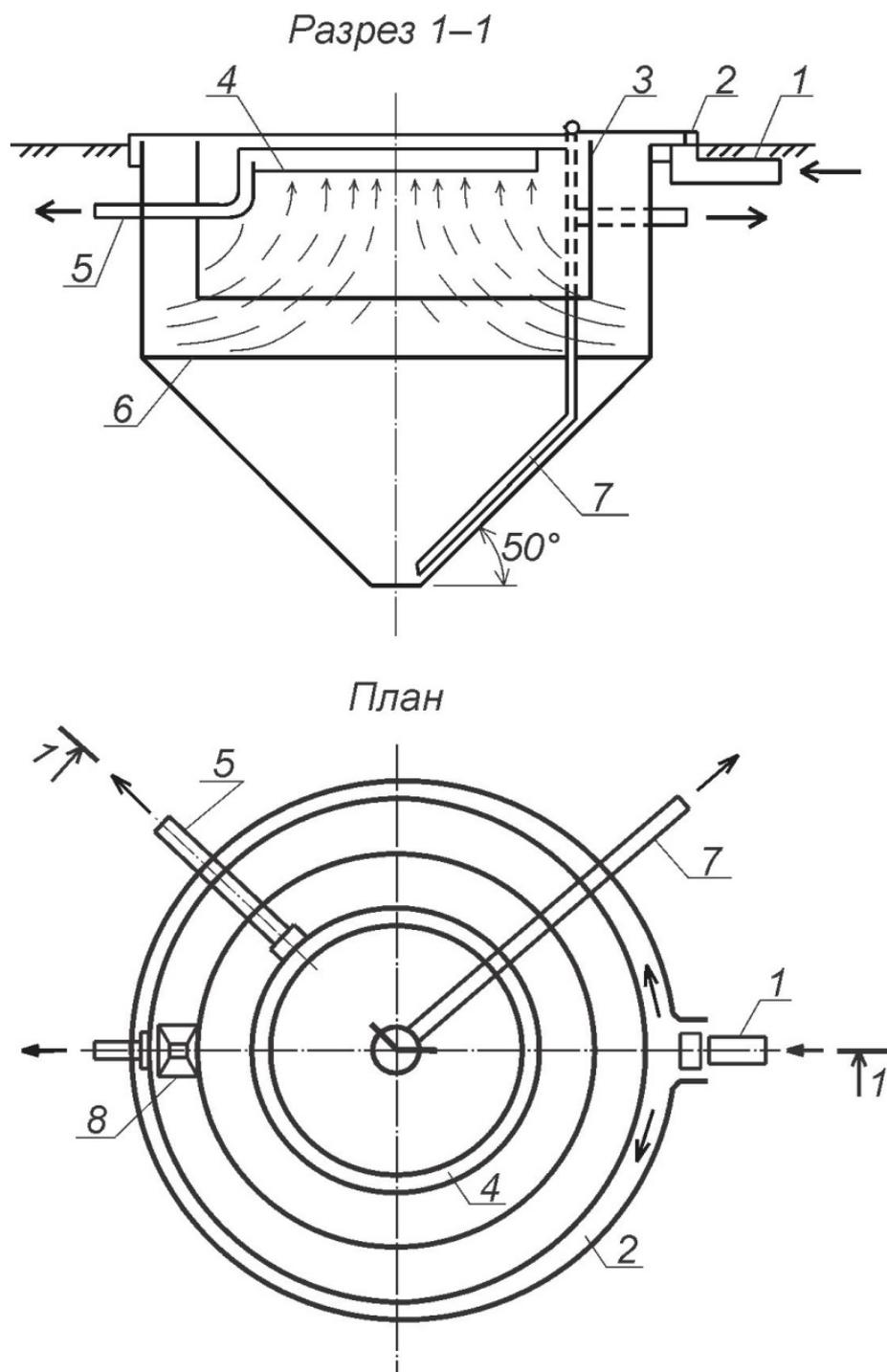


Рис. 39. Вертикальный отстойник с периферийным впускным устройством:
 1 – водоподающая труба (или лоток); 2 – водораспределительный лоток переменной сечення; 3 – струенаправляющая стенка;
 4 – кольцевой водосборный лоток; 5 – трубопровод для отвода осветленной воды; 6 – отражательное кольцо; 7 – труба для выпуска осадка;
 8 – сборник всплывающих веществ

Сточная вода в отстойник подается в распределительный периферийный лоток (2), а из него в кольцевую зону между стенкой отстойника и струенаправляющей стенкой (3). В низу кольцевой зоны располагается отражательное кольцо (6). Осветленная вода собирается кольцевым водо-

сборным лотком с зубчатыми водосливами (4). Скорость движения воды в водораспределительном лотке 0,4–0,5 мм/с. Удельная нагрузка на зубчатый водослив 6 л/(с·м). Сырой осадок из отстойника удаляется по трубе для выпуска осадка (7), всплывающие вещества собираются в сборник всплывающих веществ (8), а затем по трубопроводу удаляются из отстойника. Осветленная вода по трубопроводу (5) направляется на дальнейшую очистку.

8.3. Горизонтальные отстойники

Данный тип отстойников рекомендуется проектировать при высоком уровне стояния грунтовых вод (3–4 м от поверхности земли), при расходах сточных вод более 15 тыс.м³/сут, эффekte осветления до 60 % и дальнейшей биологической очистке сточных вод на аэротенках.

Расчет

1. Эффект осветления, %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_1}{C_{en}} \cdot 100\%,$$

где C_{en} и C_1 – см. подразд. 8.1.

2. Длина отстойника, м:

$$L_{set} = \frac{v_w H_{set}}{K_{set} u_0},$$

где v_w – скорость рабочего потока, принимается по [1, табл. 31] и равна 5–10 мм/с;

H_{set} – рабочая глубина отстойной части, равна 1,5–4,0 м по [1, табл. 31] или по табл. 37;

K_{set} – коэффициент использования объема, принимается равным 0,5 по [1, табл. 31] или по табл. 37;

u_0 – гидравлическая крупность частиц, мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \left(\frac{H_{set} \cdot K_{set}}{h_1} \right)^{n_2}};$$

здесь t_{set} – продолжительность отстаивания, соответствующая заданному Θ и полученная в лабораторном цилиндре в слое h_1 , с, для бытовых и близких к ним по составу сточных вод (принимается по табл. 36);

n_2 – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси, принимается по [1, черт. 2] или по рис. 40.

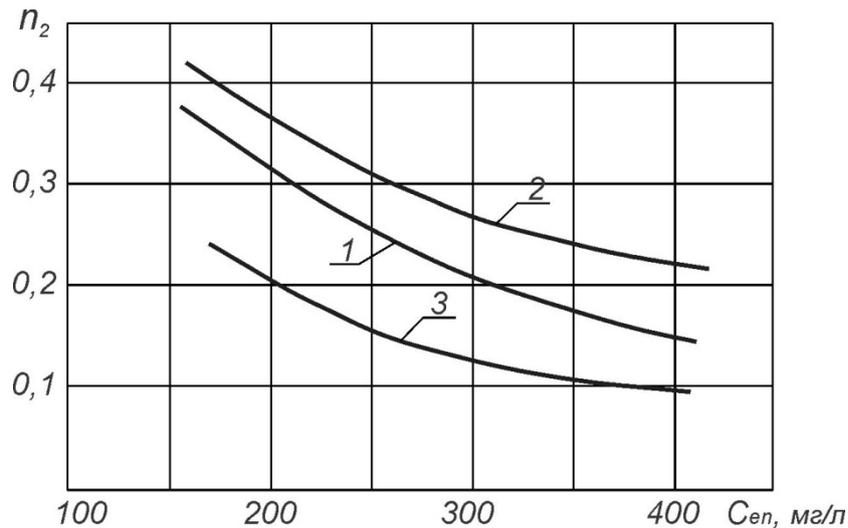


Рис. 40. Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания: 1 – $\mathcal{E}=50\%$; 2 – $\mathcal{E}=60\%$; 3 – $\mathcal{E}=70\%$

3. Общая ширина отстойников, м:

$$B = \frac{1000 \cdot q_{\max}}{v_{\omega} \cdot H_{\text{set}}},$$

где q_{\max} – расчетный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$.

4. Задаваясь шириной одного отстойника b , определяют их количество, шт., по формуле

$$N = \frac{B}{b},$$

где b – типовая ширина одного отстойника, м, принимается равной 6 м и 9 м.

5. Проверяют фактическую скорость в проточной части отстойника, $\text{мм}/\text{с}$:

$$v_{\omega} = \frac{q_{\max} \cdot 1000}{H_{\text{set}} \cdot b \cdot N} \geq 5 \div 10.$$

6. Расчет осадочной части:

а) количество осадка, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{q_{\omega} \cdot (C_{\text{ен}} - C_1)}{(100 - p_{\text{mud}}) \cdot \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4};$$

б) объем осадка за сутки, $\text{м}^3/\text{сут}$, и за период между чистками T , м^3 :

$$W_{\text{oc}} = 24 \cdot Q_{\text{mud}}; \quad W_{\text{oc}}^T = 24 Q_{\text{mud}} \cdot T.$$

Все условные обозначения в формулах, приведенных в пунктах «а» и «б» приняты, как и в подразд. 8.1;

в) слой осадка в отстойнике, м:

$$h_{oc} = \frac{W_{oc}^T}{L_{set} \cdot b \cdot N}$$

7. Строительная высота, м:

$$H_{стр} = h_6 + H_{set} + h_{нейтр} + h_{oc},$$

где h_6 – высота борта отстойника над уровнем жидкости, принимается равной 0,3 м;

$h_{нейтр}$ – высота нейтрального слоя, принимается равной 0,3 м по [1, п. 6.63].

После расчета отстойника подбирается типовый проект с учетом табл. 39 [5, 19].

Т а б л и ц а 39

Первичные горизонтальные отстойники [16]

Номер типового проекта	Число отделений, шт.	Основные показатели отстойников					Примечание
		объем отстойной зоны, м ³	производительность, м ³ /сут	размеры, м			
				глубина зоны отстаивания H_{set}	длина L_{set}	ширина отделения b	
902-2-386.85	4	869 (одного отстойника)	50 тыс.	3,22	30	9	Сборный ж/бетон (удаление осадка насосами)
902-2-387.85	6	869 (одного)	70 тыс.	3,22	30	9	Сборный ж/бетон -“-
902-2-388.85	8	869 (одного)	100 тыс.	3,22	30	9	Сборный ж/бетон -“-
902-2-421.86	2	2030,9 (двух)	до 10 тыс.	3,0	36	6	Сборный ж/бетон (встроена камера хлопьеобразования; удаление осадка эрлифтами)
902-2-400.86	4	8629,2 (двух)	до 25 тыс.	3,8	30	9	-“-
902-2-430.87	3	3300 (трёх)	до 17 тыс.	3,0	36	6	-“-

8. Составляют схему компоновки группы отстойников и расчетную схему горизонтального отстойника (рис. 41).

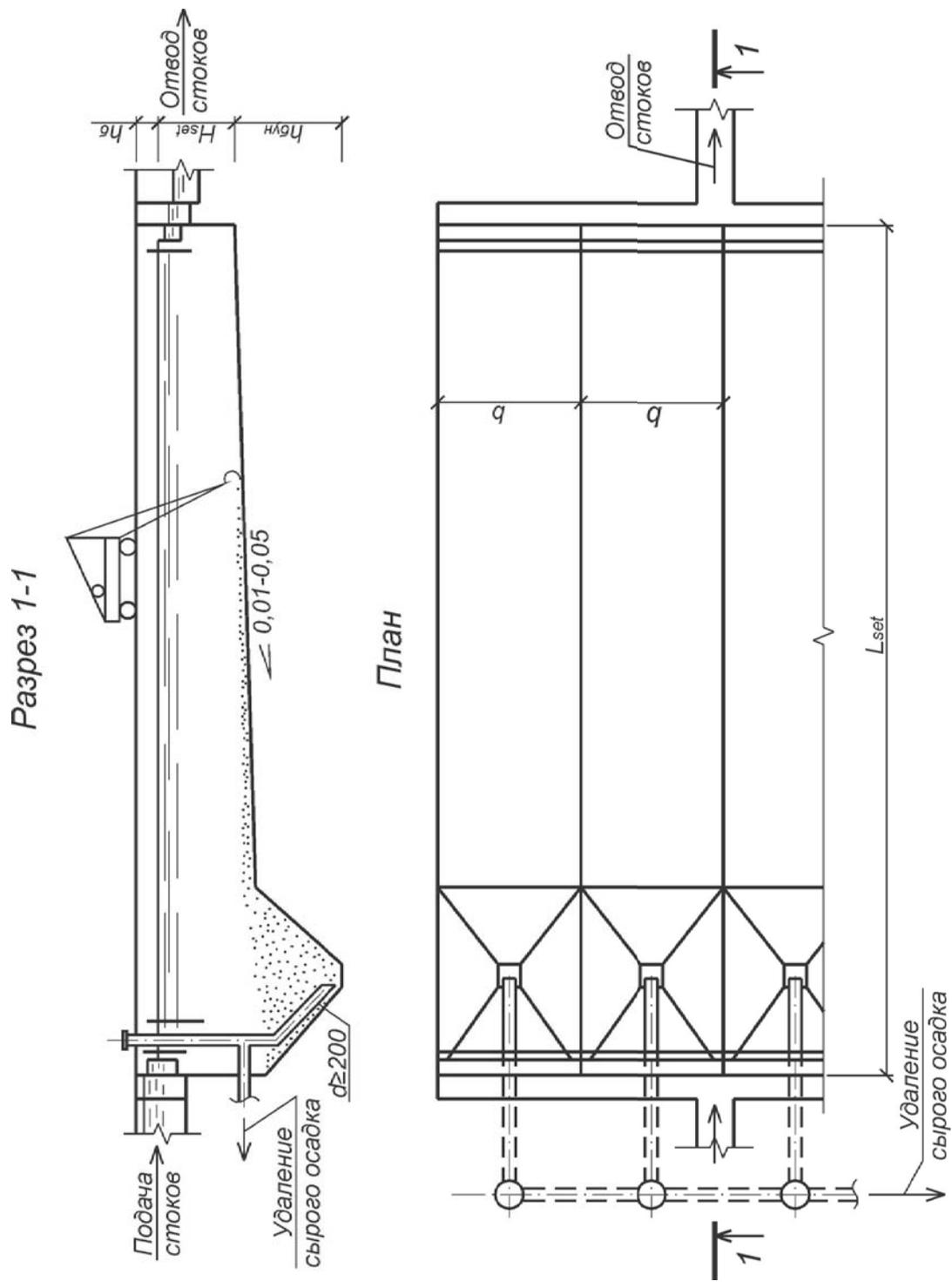


Рис. 41. Схема компоновки группы отстойников и расчетная схема горизонтального отстойника [14]

8.4. Радиальные отстойники

При расходах сточных вод свыше 20 тыс. м³/сут на крупных станциях очистки и при большом количестве вертикальных или горизонтальных отстойников проектируются радиальные отстойники.

Проектируются радиальные отстойники с центральным впуском сточных вод (1-й тип), которые обеспечивают эффект задержания взвешенных веществ не более 50 % (рис. 42), отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством (2-й тип) – не более 80 % (рис. 44). При одинаковом эффекте очистки в отстойниках 1-го и 2-го типов пропускная способность отстойников 2-го типа увеличивается в 1,5 раза. Отстойники с периферийным впуском воды (3-й тип) дают эффект очистки 70–80 % (рис. 45).

При одинаковой продолжительности отстаивания в отстойниках 1-го типа (обычные отстойники) и при одинаковом эффекте очистки в отстойниках 1-го и 3-го типов пропускная способность отстойников 3-го типа увеличивается в 1,3–1,6 раза, в зависимости от концентраций исходной взвеси в сточных водах.

Отстойники 1-го типа проектируются диаметрами 18; 24; 30; 40; 50; 54 м, отстойники 2-го типа – диаметрами 18 и 24 м, отстойники 3-го типа – диаметрами 18, 24 и 30 м.

Расчетные параметры отстойников 1-го и 2-го типов приведены в табл. 40.

Т а б л и ц а 40

Радиальные отстойники (1-й тип и 2-й тип) [16]

Номер типового проекта	Основные показатели одного отстойника				Примечание
	диаметр, м	глубина, м	производительность, м ³ /сут	объем, м ³	
1	2	3	4	5	6
902-2-432.87	18	3,54	25 тыс.	4422,27	А=13,0 м встроена камера хлопьеобразования (1-й тип)
902-2-469.89	18	3,34	35 тыс.	4643	А=13,0 м Сборный ж/бетон (1-й тип)
902-2-471.89	18	3,34	35 тыс.	4330	А=13,0 м Сборный ж/бетон (самотечное удаление осадка) (1-й тип)
902-2-470.89	24	3,25	70 тыс.	7696	А=15,5 м Сборный ж/бетон (1-й тип)
902-2-472.89	24	3,25	70 тыс.	7385	А=15,5 м Сборный ж/бетон (самотечное удаление осадка) (1-й тип)
902-2-473.89	30	3,38	100 тыс.	11940	А=18,5 м Сборный ж/бетон (1-й тип)
902-2-474.89	40	3,95	200 тыс.	33880	А=23,5 м Сборный ж/бетон (1-й тип)
902-2-482.91	18		47 тыс.		А=13,0 м Сборный ж/бетон (2-й тип)
901-2-483.91	24		105 тыс.		А=15 Сборный ж/бетон (2-й тип)
902-2-381.84	50	4,25	300 тыс.	41600	А=32,50 м Сборный ж/бетон (самотечное удаление осадка) (1-й тип)

П р и м е ч а н и е . Объем принят для компоновки из 4-х отстойников.

Методика расчета всех трех типов отстойников одинакова, имеются лишь конструктивные различия и, следовательно, разные расчетные параметры.

Расчет

1. Эффект осветления, %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_1}{C_{en}} \cdot 100\%,$$

где C_{en} и C_1 – см. подразд. 8.1.

2. Гидравлическая крупность частиц взвеси, мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \left(\frac{H_{set} \cdot K_{set}}{h_1} \right)^{n_2}},$$

где K_{set} – определяется по табл. 37;

h_1 – принимается равной 0,5 м;

n_2 – вычисляется по рис. 40;

t_{set} – продолжительность отстаивания сточных вод в покое, с, принимается по табл. 36;

H_{set} – глубина проточной части, принимается: для отстойников 1-го типа – 1,5–5,0 м (обычно 3,0 м); 2-го типа – 0,8–1,2 м (1,0 м); 3-го типа – 1,5–5,0 м.

3. Радиус отстойника, м:

$$R = \sqrt{\frac{q_{\omega}}{3,6 \cdot \pi \cdot K_{set} \cdot u_0 \cdot n}},$$

где q_{ω} , K_{set} , u_0 , n – см. подразд. 8.2.

После расчета R по табл. 40 подбирается проект круглого в плане отстойника и проверяется фактическая скорость сточных вод в проточной части отстойника (в сечении на половине радиуса) по формуле

$$v_{\omega} = \frac{q_{\omega}}{3,6 \cdot \pi \cdot R \cdot H_{set} \cdot n} \leq 5 \div 10 \text{ мм/с.}$$

При невыполнении условия $v_{\omega} \leq 5 \div 10$ мм/с необходимо задаться другой глубиной H_{set} и повторить расчет R . Соотношение $\frac{D}{H_{set}} = 6 \div 12$.

4. При проектировании квадратных радиальных отстойников в плане сторона отстойника, м, определяется по формуле

$$a = \sqrt{\frac{q_{\omega}}{3,6 \cdot K_{set} \cdot u_0}}.$$

По вычисленной стороне принимается ближайший строительный размер с учетом того, что сторона квадрата равна 9 или 12 м.

5. Расчет осадочной части:

а) количество осадка, м³/ч:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{q_{\omega} \cdot (C_{en} - C_1)}{(100 - p_{\text{mud}}) \cdot \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4}.$$

Условные обозначения q_{ω} , C_{en} , C_1 , p_{mud} и γ_{mud} принимаются по подразд. 8.1;

б) объем осадка за сутки, м³/сут, и за период между чистками T , м³:

$$W_{\text{oc}} = 24 \cdot Q_{\text{mud}}; W_{\text{oc}}^T = 24 \cdot Q_{\text{mud}} \cdot T;$$

в) высота слоя осадка, м, вычисляется по формулам:

$$\text{для 1-го типа } h_{\text{oc}} = \frac{4 \cdot W_{\text{oc}}^{T^1}}{\pi \cdot D^2 \cdot n};$$

$$\text{для 1-го и 2-го типов } h_{\text{oc}} = \frac{4 \cdot W_{\text{oc}}^T}{\pi \cdot D^2 \cdot n},$$

где W_{oc}^T – объем осадка, размещающегося на плоскости дна отстойника.

Учитывается, что часть осадка, то есть его 4-часовой объем, м³, располагается в центральной приемке:

$$W_{\text{oc}}^{T^1} = W_{\text{oc}}^T - \frac{4W_{\text{oc}}^T}{24T}.$$

Осадок из первичных отстойников радиального типа, как правило, удаляется насосами.

6. Строительная высота, м, круглых в плане отстойников (1-го и 3-го типов):

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{сет}} + h_{\text{нейтр}} + h_{\text{oc}},$$

где $h_{\text{б}}$ – высота борта отстойника над уровнем сточных вод, принимается 0,3 м;

$h_{\text{нейтр}}$ – высота нейтрального слоя, принимается 0,3 м [1, п. 6.63].

После расчета сооружения приводятся его схема и типовое компоновочное решение (1-й тип), которые вынесены на рис. 42.

7. Строительная высота отстойника 2-го типа, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{сет}} + h_{\text{нейтр}} + h_{\text{oc}},$$

где $h_{\text{нейтр}}$ – принимается 0,5–0,7 м;

h_{oc} – высота слоя осадка принимается по расчету и должна быть в пределах 0,3–0,4 м;

$h_{\text{б}}$, $H_{\text{сет}}$ – см. подразд. 8.1.

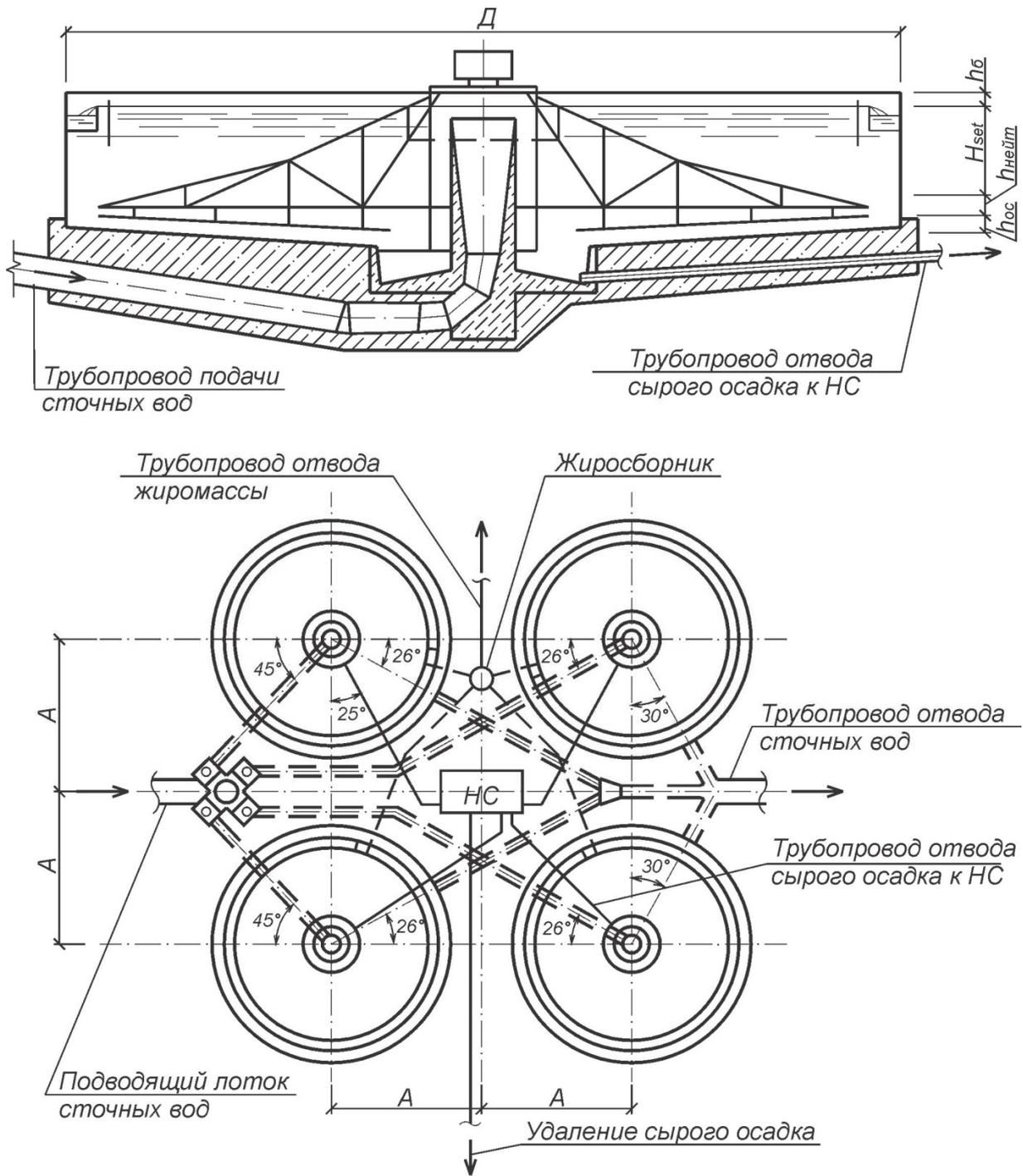


Рис. 42. Расчетная схема первичного радиального отстойника (1-й тип) и типовая компоновка 4-х отстойников

Для квадратных в плане радиальных отстойников строительная высота, м, определяется по формуле

$$H_{\text{стр}} = h_6 + H_{\text{сет}} + h_{\text{кон}},$$

где $h_6, H_{\text{сет}}$ – см. подразд. 8.1;

$h_{\text{кон}}$ – высота конических иловых бункеров, м,

$$h_{\text{кон}} = 2 \cdot \text{tg}50^\circ \cdot (a - b) = 2,18 \cdot (a - b);$$

здесь a и b – ширина, соответственно, отстойника a и нижней площадки b ($b=0,4$ м).

Следует иметь в виду, что иловые бункеры отстойников должны вмещать 1–2-суточный объем сырого осадка при его самотечном удалении, то есть

$$W_{\text{ос}}^T < 4 \cdot W_{\text{кон}} \cdot n,$$

где $W_{\text{ос}}^T$, n – см. подразд. 8.1;

4 – количество ячеек илового бункера отстойника;

$W_{\text{кон}}$ – объем одной ячейки илового бункера отстойника, м^3 ,

$$W_{\text{кон}} = \frac{1}{13} \cdot h_{\text{кон}} \cdot (F^2 + \sqrt{F \cdot f} + f^2);$$

здесь $F = a^2$; $f = b^2 \text{ м}^2$.

Расчетная схема радиального (квадратного в плане) отстойника представлена на рис. 43.

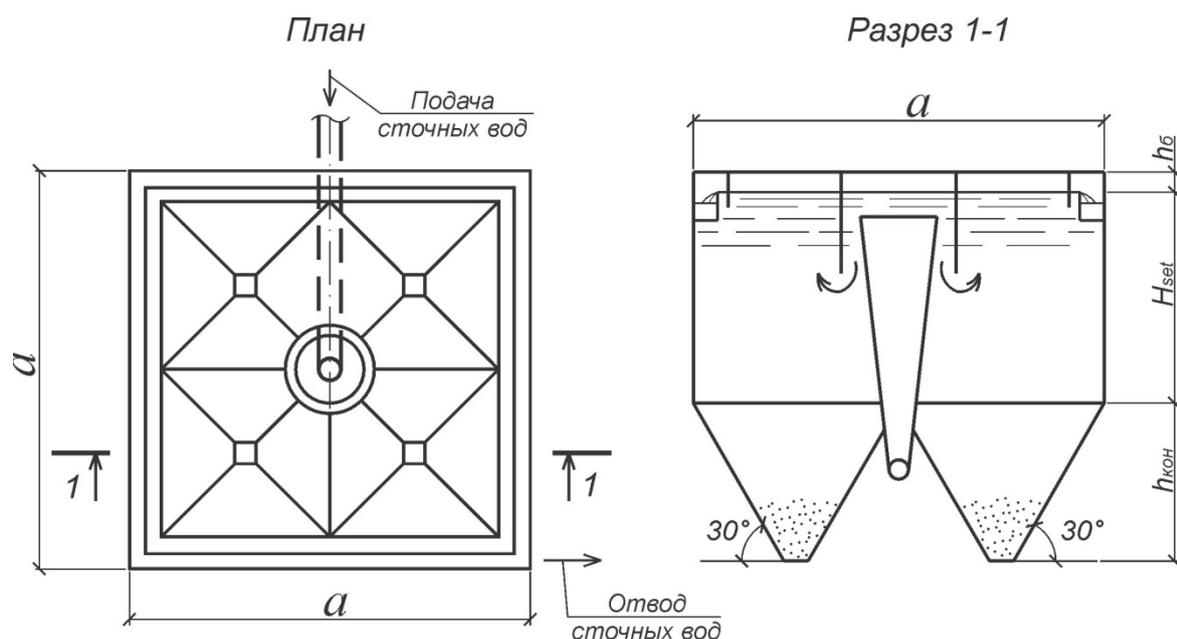


Рис. 43. Расчетная схема радиального (квадратного) в плане отстойника

Конструкция отстойника, изображенного на рис. 44, предложена И.В. Скирдовым. В отстойнике с вращающимся сборно-распределительным устройством основная масса воды находится в потоке, поэтому обеспечивается быстрое осаждение взвешенных веществ. Распределение и сбор осветленной воды производится с помощью вращающегося желоба, разделенного продольной перегородкой. Распределительный лоток имеет струенаправляющие лопатки и щелевое днище, через щели которого падают тяжелые частицы.

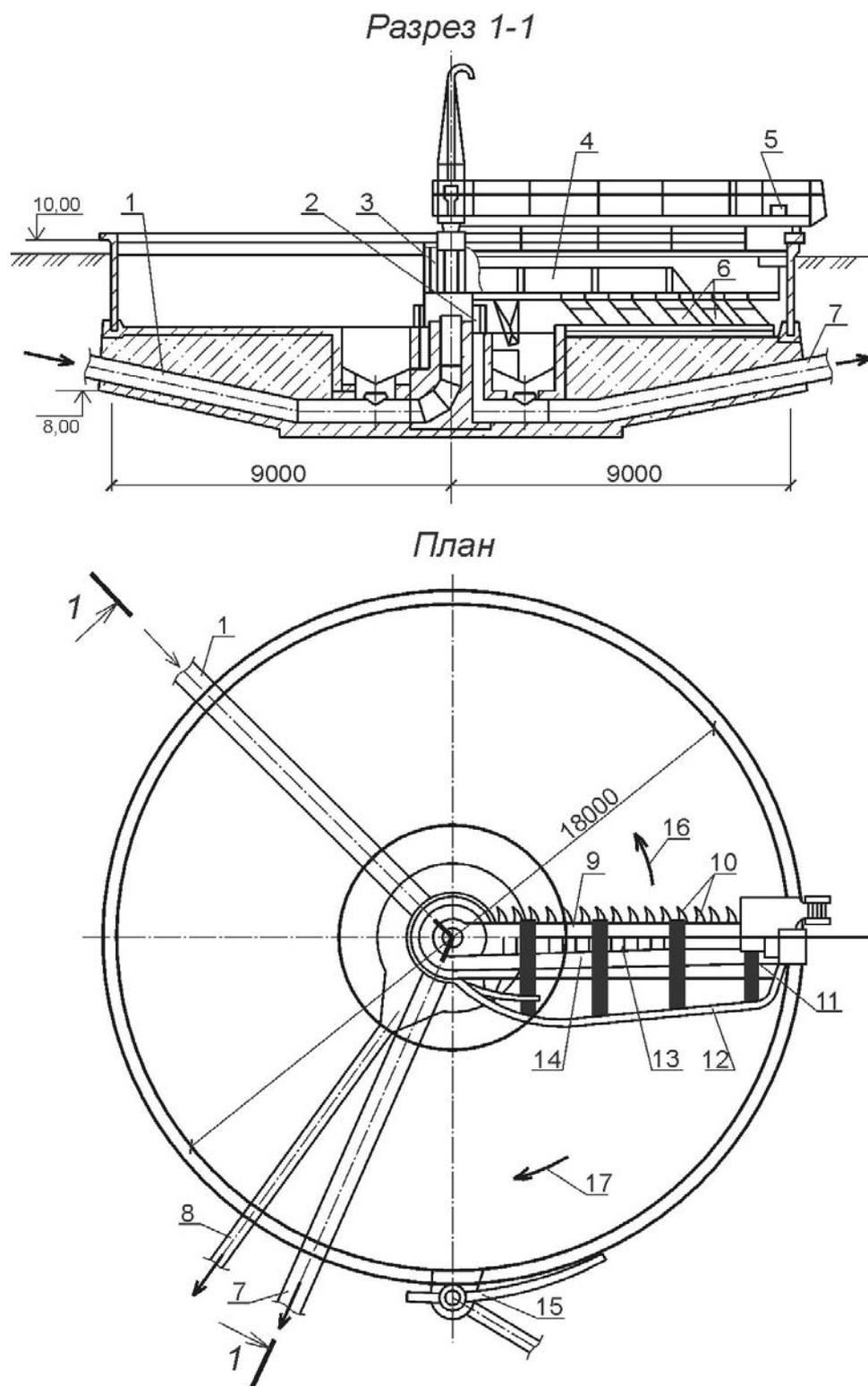


Рис. 44. Отстойник с вращающимся сборно-распределительным устройством (2-й тип) [15]:
 1 – подающий трубопровод; 2 – воздушные затворы; 3 – центральная чаша;
 4 – сборно-распределительное устройство; 5 – периферийный привод;
 6 – скребки; 7 – отводящий трубопровод осветленной воды; 8 – илопровод;
 9 – затопленный лоток; 10 – вертикально подвешенные лопатки; 11 – водослив;
 12 – полупогружная доска; 13 – щелевое днище; 14 – криволинейная перегородка; 15 – камера жиросборника; 16 – направление впуска сточной воды;
 17 – направление движения сборно-распределительного устройства

Стенки и днище водосборного лотка с затопленным водосливом водонепроницаемые. Вода из лотка отводится с помощью сифона в отводной желоб. В водосборном лотке у днища находится направляющий козырек. Глубина зоны отстаивания 0,8÷1,2 м, высота нейтрального слоя 0,7 м.

Радиальные отстойники с периферийной подачей сточных вод (рис. 45) имеют водораспределительный желоб (лоток) (б), расположенный на периферии отстойника, который имеет постоянную ширину и переменную глубину. В дне желоба (лотка) впускные отверстия разного диаметра размещены на разном расстоянии друг от друга. Данная конструкция обеспечивает постоянную поступательную скорость движения воды в желобе, поэтому осадок в желобе не выпадает. Поток жидкости направляется в нижнюю зону отстойника, а затем в центральную зону и вверх к водоотводящему кольцевому желобу. Такое движение потока создает благоприятные условия для выпадения взвешенных веществ. Осадок собирается коллектором и отводится за пределы отстойника по трубе.

Для сбора и удаления всплывающих грубодисперсных примесей предусматриваются два бункера, один из которых устанавливается в центральной части отстойника, а второй – в кольцевой зоне. Осветленная вода отводится из центрального кольцевого лотка с двухсторонним изливом или через щелевые отверстия по трубе.

Параметры первичных радиальных отстойников с периферийным впуском сточной воды представлены в табл. 41.

Т а б л и ц а 41

Основные параметры первичных радиальных отстойников с периферийным впуском сточной воды (3-й тип)

Показатель	Диаметр отстойника, м		
	18	24	30
1	2	3	4
Гидравлическая глубина, м	3,4	3,4	3,4
Глубина зоны отстаивания, м	3,1	3,1	3,1
Отношение диаметра к глубине зоны отстаивания	3,8	7,7	9,7
Рабочий объем, м ³	790	1400	2190
Подводящая система – распределительный лоток:			
глубина в начале, м	0,6	0,8	0,9
глубина в конце, м	0,3	0,45	0,45
ширина, м	0,5	0,6	0,8
скорость потока, м/с	0,43	0,5	0,55
диаметр водовпускных труб, мм	100	100	125
Отводящая система – сборные лотки с зубчатым водосливом:			
нагрузка на водослив, л/(м·с)	2,2	2,4	3,3
диаметр отводящего трубопровода, мм	500	700	900
диаметр илового приямка, м	5	6	7
диаметр трубопровода сырого осадка, мм	200	200	250

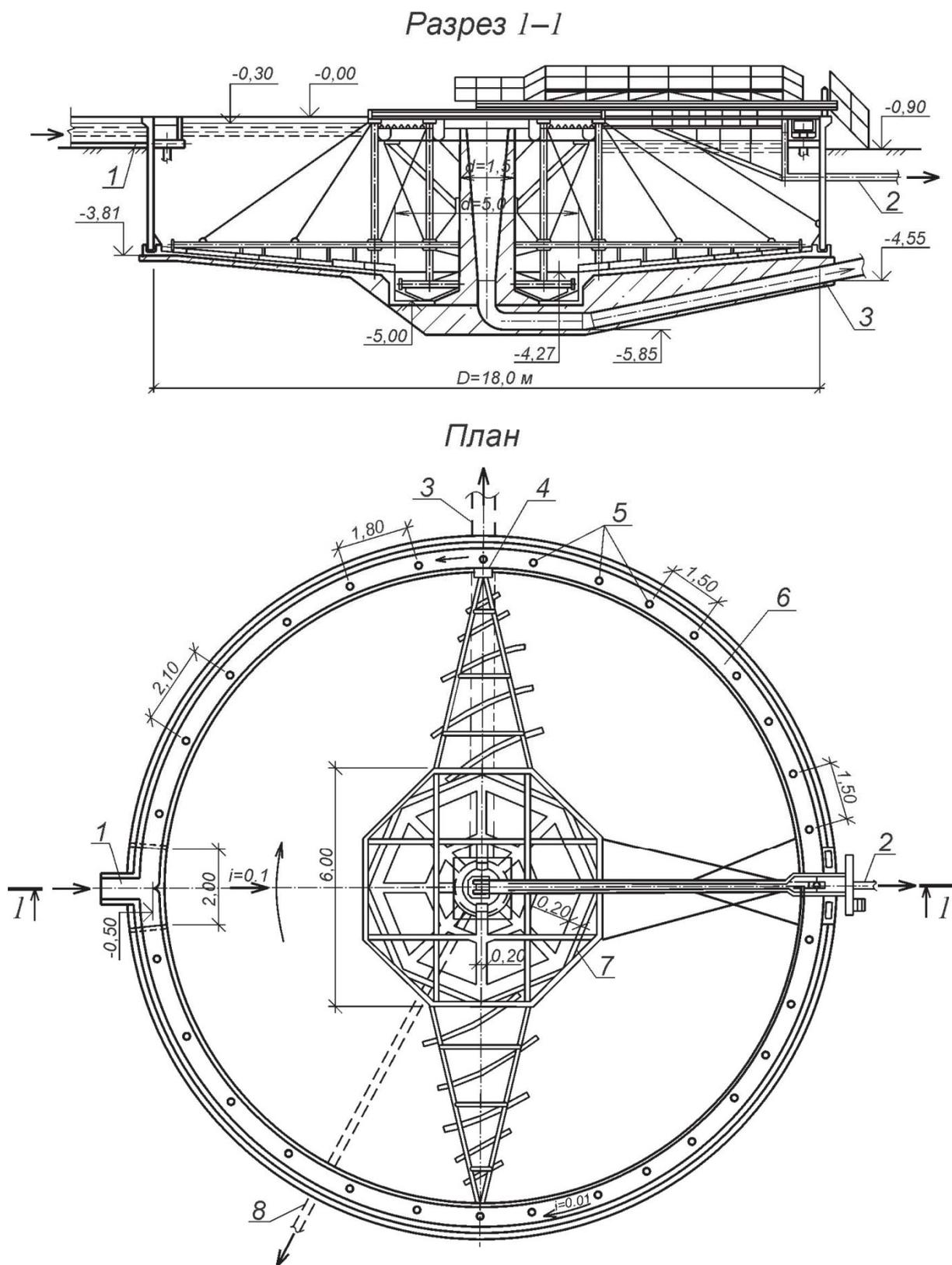


Рис. 45. Радиальный отстойник с периферийной подачей сточных вод (3-й тип) [10]:
 1 – подводящий канал; 2 – трубопровод для отвода плавающих веществ;
 3 – отводящий трубопровод; 4 – затвор с подвижным водосливом для выпуска плавающих веществ; 5 – струенаправляющие трубки; 6 – распределительный лоток; 7 – полупогружная доска для задержания плавающих веществ;
 8 – иловая труба

На рис. 46 представлен радиальный отстойник зарубежной конструкции (США) с периферийной подачей сточной воды, отличающийся механическим оборудованием для удаления осадка и выпуском осветленной воды.

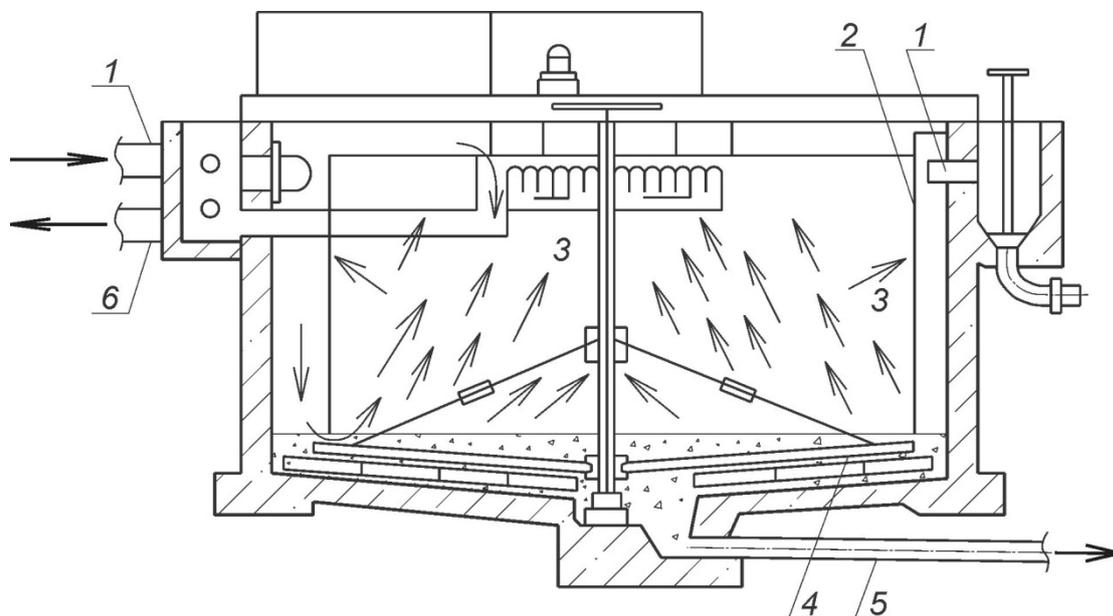


Рис. 46. Радиальный отстойник с периферийной подачей сточной воды, применяемый в США (фирма «Линк-Белт»):

- 1 – подача сточной воды; 2 – распределительная перегородка,
- 3 – направление движения воды к сборным лоткам; 4 – илоскребы;
- 5 – отвод осадка; 6 – выпуск осветленной воды

8.5. Отстойники с встроенной камерой хлопьеобразования

Сточные воды населенных мест на 50–60 % состоят из загрязнений, относящихся по физико-химическим свойствам к коллоидам [21]. Коллоидные дисперсные частицы не осаждаются и не задерживаются обычными фильтрами, трудно оседают в обычных первичных отстойниках гравитационного типа. Коллоидные частицы образуют устойчивые системы.

Для повышения эффективности очистки сточных вод от коллоидных загрязнений используют минеральные коагулянты, представляющие собой гидролизующиеся соли металлов. В качестве коагулянтов часто применяют сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$; алюминат натрия $NaAlO_2$; гидроксохлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl$; реже – тетраоксосульфаты алюминия – калия и алюминия – аммония. Широкое распространение получил сульфат алюминия. При коагулировании сульфат алюминия взаимодействует с гидрокарбонатами, имеющимися в воде, с образованием малорастворимого основания.

Железосодержащие коагулянты – это прежде всего сульфаты двух- и трехвалентного железа: $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, а

также хлорное железо $FeCl_3$. Поскольку железо обладает переходной валентностью, перечисленные реагенты могут применяться не только для коагулирования, но и для проведения реакций окисления-восстановления с последующей седиментацией.

Для очистки городских сточных вод предпочтительна двухступенчатая схема отстаивания. На первой ступени осуществляется простое отстаивание в отстойнике без коагулянта, на второй ступени – обработка сточных вод коагулянтами и флокулянтами с последующим отстаиванием в отстойнике [21].

Разработаны вертикальные, горизонтальные и радиальные отстойники с встроенной камерой хлопьеобразования для очистки городских сточных вод на производительность от 4200 до 25000 м³/сут, типовые проекты которых приведены в табл. 38, 39 и 40 соответственно.

Разрез вертикального отстойника диаметром 9 м с встроенной камерой хлопьеобразования и план компоновки четырех отстойников представлены на рис. 47 по ТП 902-2-393.85 [16].

В качестве реагентов рекомендуется применять 10%-е растворы железного купороса, хлорного железа или сернокислого алюминия и 0,1%-й раствор полиакриламида аммиачного (ПАА).

Отстойники с встроенной камерой хлопьеобразования предназначены для выделения основной массы загрязнений с помощью реагентной обработки сточных вод, прошедших решетки и песколовки, перед последующей очисткой на фильтрах с пористой загрузкой.

Размеры камеры смешения в зависимости от производительности очистных сооружений представлены в табл. 42.

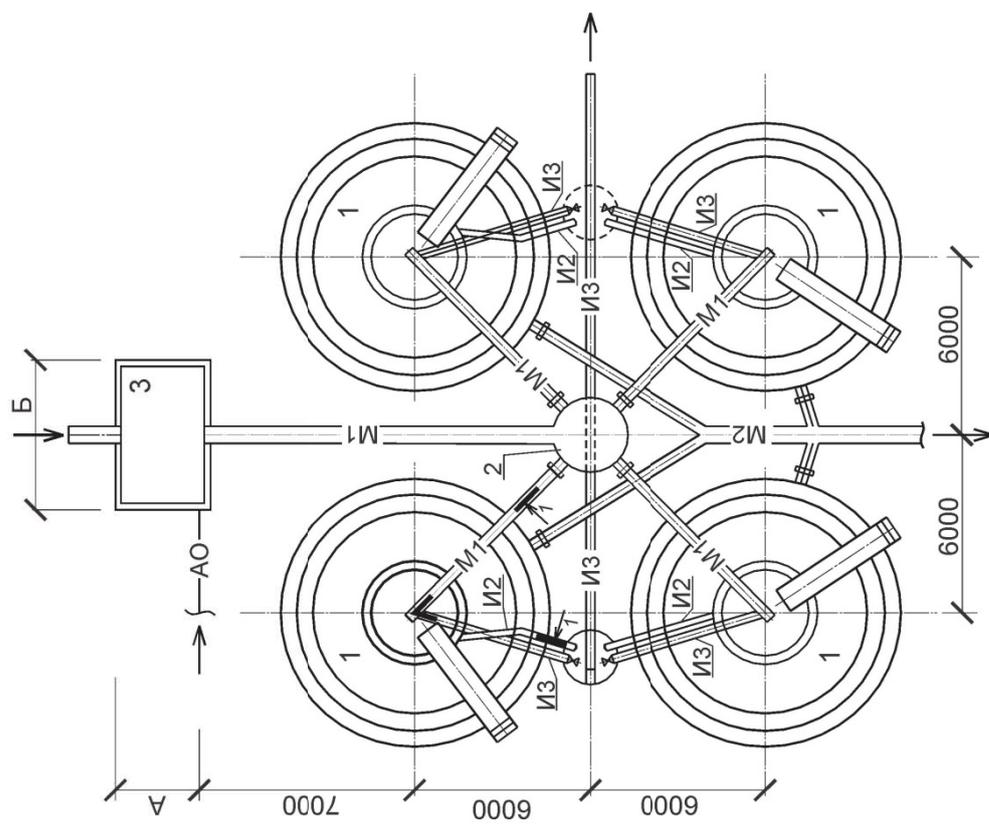
Т а б л и ц а 42

Размеры камеры смешения

Размеры камеры смешения АхБ, мм	Реагенты	
	железный купорос	хлорное железо или сернокислый алюминий
	производительность очистных сооружений, м ³ /сут	
4200–7000	1400–2700	1400–7000
3500×5000	2500×3500	2000×2000

Сточная вода после песколовок поступает в камеру смешения, куда вводят 10% раствор коагулянта, и далее в распределительную камеру, из которой по лоткам поступает в центральную трубу отстойников.

План на отм. 0,000



Разрез 1-1

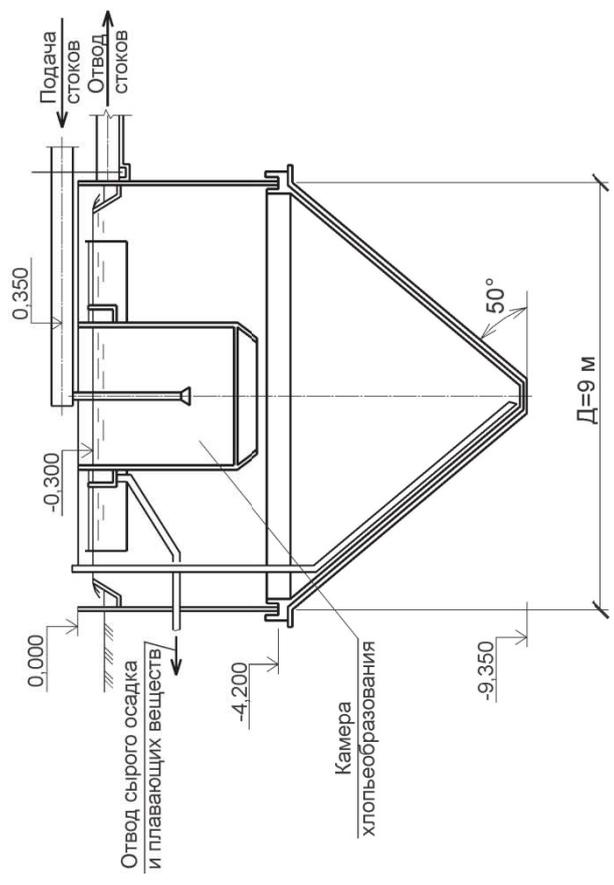


Рис. 47. Разрез и план компоновки четырех вертикальных отстойников $D=9,0$ м с встроенной камерой хлопьеобразования: 1 – отстойник (4 шт); 2 – распределительная камера (1 шт); 3 – камера смешения (1 шт); М1 – сточная вода, поступающая на очистку; М2 – сточная вода после механической очистки; И2 – плавающие вещества; И3 – сырой осадок; АО – воздуховод

Разность отметок уровней воды над входом в трубу и в отстойнике создает напор, обеспечивающий скорость движения воды в центральной трубе 0,5–0,7 м/с, необходимую для эжекции воздуха из атмосферы. Водовоздушная смесь из центральной трубы отражательным щитом направляется вверх в камеру хлопьеобразования, где происходит перемешивание воды с 0,1%-м раствором ПАА, подаваемым в распределительную камеру отстойников. Через решетку-успокоитель сточная вода поступает в отстойник, где происходит осаждение взвешенных веществ. Из отстойника осветленная вода через зубчатый водослив попадает в сборный кольцевой лоток и отводится из сооружения. Осадок под гидростатическим напором удаляется в иловый колодец, куда отводятся и всплывающие вещества.

На рис. 48 представлены разрез и план компоновки горизонтальных отстойников со встроенной камерой хлопьеобразования [16].

Технологический процесс очистки сточных вод в отстойнике осуществляется следующим образом.

Сточная вода после песколовок поступает в камеру смешения, куда вводят 10% раствор коагулянта, и далее направляется в камеру хлопьеобразования, оборудованную неподвижным сегнеровым колесом. Из камеры хлопьеобразования сточная вода через решетку-успокоитель поступает в отстойник, где происходит осаждение взвешенных веществ. Из отстойника осветленная вода сливается через зубчатый водослив в сборный лоток и затем в отводящий лоток отстойников. Раствор ПАА 0,1%-й концентрации подается перед лотком Вентури. Всплывающие вещества через устройство для сбора плавающих веществ направляются в колодец. Осадок из отстойника эрлифтами удаляется в иловый колодец.

В табл. 43 приведены основные конструктивные характеристики горизонтальных отстойников со встроенной камерой хлопьеобразования.

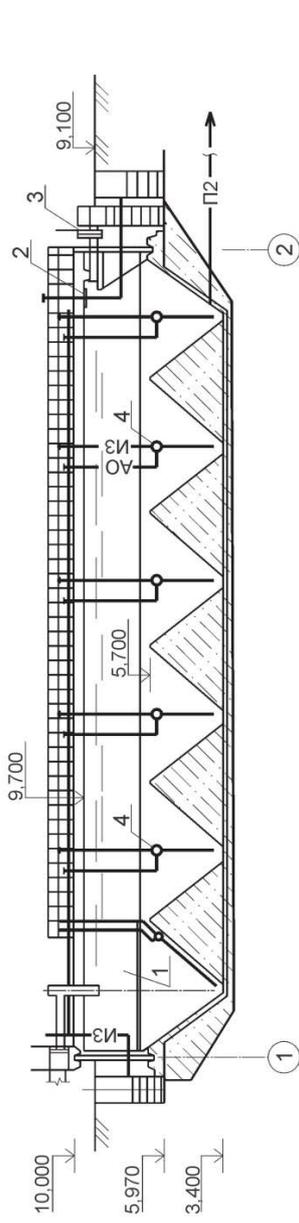
Т а б л и ц а 43

Отстойники горизонтальные со встроенной камерой хлопьеобразования

Номер типового проекта	Количество отделений, шт.	Расчетная производительность, тыс. м ³ /сут	Ширина отстойника, м	Длина отстойника, м
1	2	3	4	5
902-2-421.86	2	до 10	6	36
902-2-430.87	3	до 17	6	36
902-2-400.86	4	до 25	9	30

На рис. 49 представлены разрез и компоновочная схема из четырех радиальных отстойников диаметром 18 м со встроенной камерой хлопьеобразования по ТП 902-2-432.87 на производительность до 25 тыс. м³/сут [16].

Разрез 1-1



План на отм. 10,000

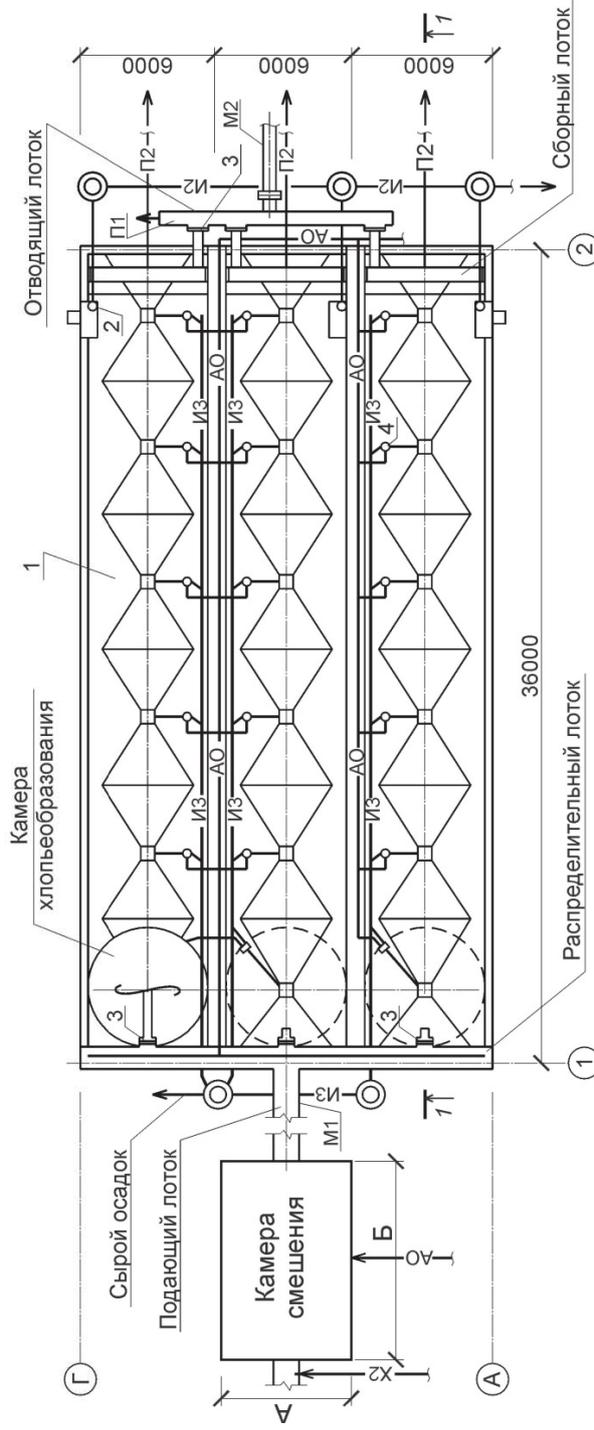


Рис. 48. Разрез и план компоновки горизонтальных отстойников шириной 6 м со встроенной камерой хлопьеобразования на производительность 17000 м³/сут [16]:
 1 – отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования; 2 – устройство для удаления плавающих веществ; 3 – щитовой затвор; 4 – эрлифт; М1 – сточная вода, поступающая на очистку; М2 – сточная вода после механической очистки; Х2 – коагулянт; И2 – плавающие вещества; И3 – сырой осадок; П1 – аварийный сброс; П2 – опорожнение; АО – воздуховод

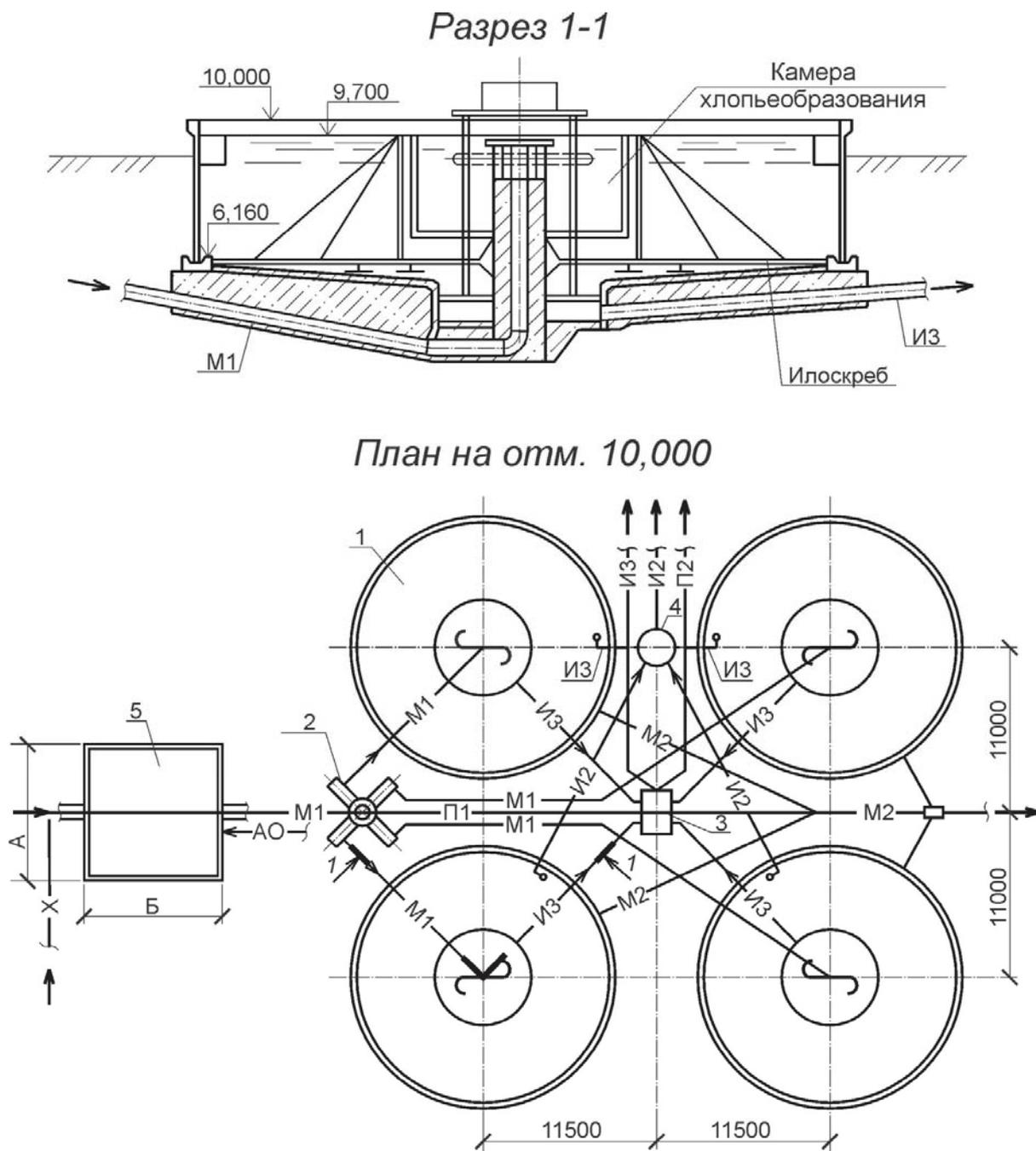


Рис. 49. Разрез и компоновочная схема радиальных отстойников со встроенной камерой хлопьеобразования:

- 1 – отстойник; 2 – распределительная чаша; 3 – камера переключений;
 4 – колодец плавающих веществ; 5 – камера смешения; М1 – сточная вода, поступающая на очистку; М2 – сточная вода после механической очистки;
 X – коагулянт; И2 – плавающие вещества; И3 – сырой осадок; П1 – аварийный сброс; П2 – опорожнение; АО – воздуховод

Сточная вода после песколовок поступает в камеру смешения, куда вводят 10% раствор коагулянта, и далее направляется в распределительную чашу отстойников. Из распределительной чаши сточная вода по трубопроводу поступает в камеру хлопьеобразования, оборудованную неподвижным сегнеровым колесом. Из камеры хлопьеобразования сточная вода

через решетку-успокоитель поступает в отстойник, где происходит осаждение взвешенных веществ. Из отстойника осветленная вода сливается через зубчатый водослив в сборный кольцевой лоток и далее системой трубопроводов отводится на дальнейшую очистку.

Раствор ПАА 0,1%-й концентрации подается перед лотком Вентури.

Всплывающие вещества с поверхности отстойника удаляются специальным устройством в колодец плавающих веществ. Осадок из отстойников насосами непрерывно подается на дальнейшую обработку.

Камеры смешения для всех типов конструкций отстойников со встроенной камерой хлопьеобразования представляют собой заглубленные железобетонные ёмкости, прямоугольные либо квадратные в плане (размеры АхБ, мм, принимаются по типовым проектам).

8.6. Двухъярусные отстойники

Данный тип отстойников применяется на небольших и средних станциях очистки сточных вод пропускной способностью до 10000 м³/сут. В них происходят выделение взвешенных веществ, сбразивание и уплотнение выпавшего осадка. Двухъярусные отстойники имеют отстойную и септическую камеры. Отстойная камера имеет осадочные желоба, в которых задерживается 40–50 % взвешенных веществ. Она работает по принципу горизонтальных отстойников с 1,5-часовым отстаиванием. Осадок через щель шириной 0,15 м проваливается в септическую камеру, где сбразивается и уплотняется без подогрева при температуре 10–15 °С в течение 6–180 дней. Схема отстойника и компоновочное решение приводятся на рис. 50 [31].

Расчет

1. Объем осадочных желобов, м³:

$$W_{\text{ж}} = q_{\text{max}} \cdot t_{\text{set}},$$

где q_{max} – расчетный расход сточных вод, м³/с;

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, принимается 1,5 ч по [1, п. 6.59].

2. Живое сечение желоба, м²:

$$\omega = \frac{W_{\text{ж}}}{L \cdot n \cdot n_{\text{ж}}},$$

где L – длина желоба, равная диаметру отстойника, принимается равной типовой длине – 6, 9, 12 м;

n – количество отстойников (не менее 2 шт.);

$n_{\text{ж}}$ – количество желобов в каждом отстойнике (при $L=D=6$ м $n_{\text{ж}} = 1$ шт.; при $L = D > 6$ м $n_{\text{ж}} = 2$ шт.).

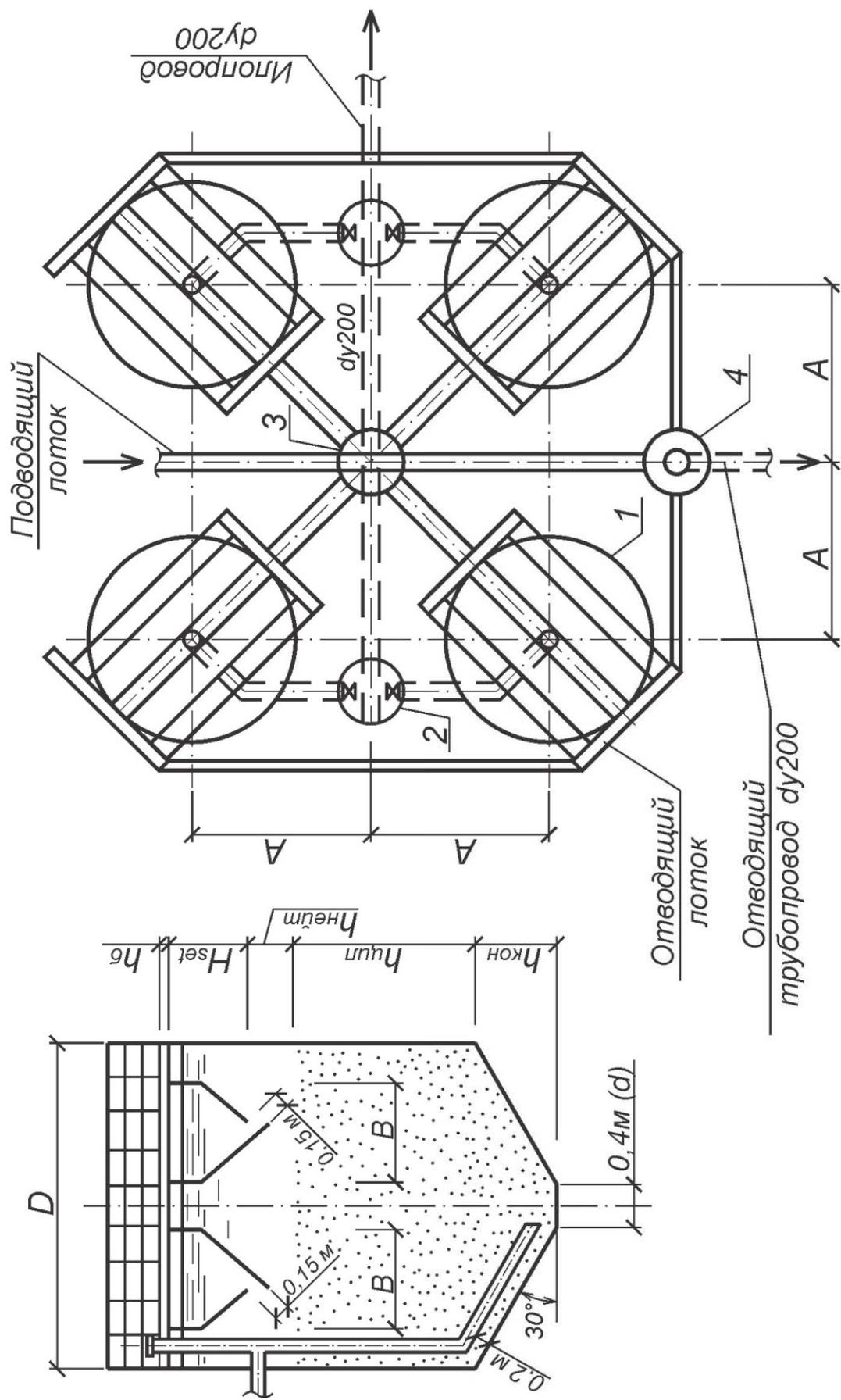


Рис. 50. Расчетная схема и компоновочное решение двухъярусных отстойников:
 1 – отстойник; 2 – иловый колодец; 3 – распределительная камера; 4 – сборная камера

Типовые размеры принимаются по табл. 44.

Т а б л и ц а 44

Двухъярусные отстойники

Номер типового проекта	Диаметр, м	Высота, м		Ширина осадочных желобов, м	Высота отстойника, м	Примечание
		цилиндрической части	конической части			
1	2	3	4	5	6	7
902-2-73	6	6,0	1,6	1,8	$\frac{7,6}{8,8}$	А=5,0 м сборный ж/б
902-2-72	9	6,0	2,5	2,5	$\frac{8,5}{9,7}$	А=7,0 м монолитный бетон
902-2-204	9	6,0	2,5	2,23	8,5	А=6,5 м сборный ж/б
902-2-203	12	6,0	3,4	2,73	$\frac{8,2}{9,4}$	А=8,0 м сборный ж/б

3. Задается ширина желоба $b=1,8$ или $2,5$ м, и определяются h_1 и h_2 , м, желоба из соотношения при угле 50° по формулам

$$\omega = bh_1 + 0,3b^2; b = \frac{2 \cdot h_2}{1,2};$$

$$h_1 = \frac{\omega - 0,3b^2}{b}; h_2 = \frac{1,2b}{2},$$

где $H_{set} = h_1 + h_2$ – глубина осадочного желоба, принимаемая по [1, п.6.72] и равная 1,2–2,5 м.

4. Проверяется соотношение площади желобов к площади отстойников:

а) площадь всех желобов, m^2 :

$$F_{ж} = L \cdot b \cdot n \cdot n_{ж};$$

б) поверхность водного зеркала отстойников, m^2 :

$$F_{от} = \frac{\pi D^2}{4} n;$$

в) свободная поверхность водного зеркала, не занятая осадочными желобами по [1, п. 6.72]:

$$\frac{F_{от} - F_{ж}}{F_{от}} \cdot 100\% \geq 20\%.$$

5. Общий объем иловой камеры, m^3 :

$$W_{общ} = \frac{W_{ил} \cdot N_{пр}^{BB}}{1000} K,$$

где $N_{пр}^{BB}$ – приведенное число жителей по взвешенным веществам, чел.;

$W_{ил}$ – объем септической камеры, л/(чел.·год), принимаемый по [1, табл. 33] или по табл. 45;

K – коэффициент, учитывающий увеличение объема септической камеры за счет поступления осадка из вторичных отстойников (принимается при подаче ила из отстойников после аэротенков $K=1,7$; при подаче ила из отстойников после биофильтров $K=1,3$).

Т а б л и ц а 45

Вместимость септической камеры двухъярусного отстойника

Среднезимняя температура сточных вод, °С	6	7	8,5	10	12	15	20
Вместимость септической камеры, л/(чел.·год)	110	95	80	65	50	30	15

П р и м е ч а н и я : 1. Вместимость септической камеры двухъярусного отстойника должна быть увеличена на 70% при подаче в неё ила из аэротенков на полную очистку и из высоконагружаемых биофильтров и на 30% при подаче ила из отстойников после капельных биофильтров и аэротенков на неполную очистку. Впуск ила должен производиться на глубине 0,5 м ниже щели желобов.

2. Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников для осветления сточной воды при её подаче на поля фильтрации допускается уменьшать не более чем на 20%.

6. Объем септической камеры одного отстойника, м³:

$$W_{сеп} = \frac{W_{ил}^{общ}}{n}.$$

7. Высота конической части септической камеры при уклоне днища в 30°, м:

$$h_{кон} = \frac{D-d}{2} \cdot \operatorname{tg}30^\circ,$$

где d – диаметр нижнего основания конической части ($d = 0,4$ м).

8. Объем конической части, м³:

$$W_{кон} = \frac{\pi \cdot h_{кон}}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2).$$

9. Высота цилиндрической части септической камеры, м:

$$h_{цил} = \frac{W_{сеп} - W_{кон}}{\pi \cdot D^2} \cdot 4.$$

10. Строительная высота отстойника, м:

$$H_{стр} = h_б + H_{сет} + h_{нейтр} + h_{цил} + h_{кон},$$

где $h_б$ – высота борта отстойника над поверхностью сточной воды, м;

$h_{нейтр}$ – высота нейтрального слоя, принимается 0,5 м по [1, п. 6.72].

8.7. Тонкослойные отстойники

Тонкослойные отстойники применяются в случае необходимости сокращения объёма очистных сооружений при ограниченности выделяемой площади, а также для повышения степени очистки или для обеспечения возможности увеличения производительности эксплуатируемых станций. Существующие отстойники (вертикальные, горизонтальные, радиальные) могут быть дополнены блоками из тонкослойных элементов. В этом случае блоки необходимо располагать на выходе воды из отстойника перед водосборным лотком [1, п. 6.64]. В первом случае тонкослойные отстойники выполняют роль самостоятельных сооружений, во втором – используются при реконструкции существующих отстойников.

Тонкослойные отстойники обычно применяют для осветления сточных вод, содержащих взвешенные вещества однородного состава в относительно небольших концентрациях [22].

По конструкции тонкослойные отстойники проектируются вертикальными, горизонтальными и радиальными. Они имеют водораспределительную, отстойную и водосборную зоны, а также осадочную зону. Отстойная зона разделена полочными или трубчатыми элементами. Эффективность трубчатых и полочных тонкослойных отстойников практически одинакова.

Высоту тонкослойного пространства рекомендуется принимать $1\div 2$ м, расстояние между пластинами – $25\div 200$ мм, длину – $0,6\div 1$ м. Продолжительность очистки в отстойниках составляет $4\div 10$ мин. Применение тонкослойных элементов позволяет существенно сократить продолжительность отстаивания и, следовательно, объём отстойников. Тонкослойные отстойники позволяют значительно интенсифицировать процесс осаждения взвесей, на 60 % уменьшить площадь застройки и на $25\div 30$ % повысить эффект осветления воды по сравнению с обычно применяемыми отстойниками [23].

Отстойная зона полочными секциями или трубчатыми элементами делится на ряд неглубоких слоев (до 15 см). Полочные секции монтируются из плоских или волнистых пластин, удобных в эксплуатации. Трубчатые секции характеризуются большей жесткостью конструкции, обеспечивающей постоянство размеров по всей длине. Они могут работать с более высокими скоростями, чем полочные секции, но быстрее заиливаются осадками, труднее поддаются очистке и требуют повышенного расхода материалов.

Гидравлический режим работы отстойников в значительной степени влияет на эффективность их работы. Чем совершеннее конструкция отстойника, тем выше эффективность задержания взвешенных веществ. Совершенство конструкций связано с условиями входа воды в отстойник, т.е. со скоростью входа воды и величиной заглубления кожуха в

радиальном отстойнике или распределительной перегородки в горизонтальном отстойнике. Гидравлический режим работы оценивается по коэффициентам объемного использования и полезного действия отстойников.

Преимущество тонкослойных отстойников в том, что наличие параллельных пластин в сечении отстойника позволяет равномерно распределить поступающий поток воды и сохранить это распределение по всей длине. Следовательно, в тонкослойных отстойниках коэффициент использования объема гораздо выше [1, табл. 31], чем в обычных отстойниках.

Тонкослойные отстойники классифицируются по следующим признакам: по конструкции наклонных блоков – на трубчатые (рис. 51) и полочные; по режиму работы – периодического (циклического) и непрерывного действия; по взаимному движению осветленной воды и вытесняемого осадка – с прямоточным, противоточным и перекрестным движением.

Прямоточная схема движения воды и выпавшего осадка – это когда направление движения сточных вод и осадка совпадают.

Противоточная схема движения воды и выпавшего осадка – это когда осадок удаляется в направлении, противоположном движению сточных вод.

Перекрестная схема движения воды и выпавшего осадка – это когда осадок движется перпендикулярно направлению движения сточных вод.

Наиболее эффективны тонкослойные отстойники с противоточной схемой движения фаз – воды и осадка. Поперечное сечение трубчатых секций может быть прямоугольным, квадратным, шестиугольным и круглым. Полочные секции монтируются из плоских или гофрированных листов и имеют прямоугольное сечение. Они выполняются из стали, алюминия и пластмассы (полипропилен, полиэтилен, стеклопластики). Практическая скорость потока для полочных элементов принимается $5 \div 10$ мм/с, для трубчатых элементов – до 20 мм/с. Трубки можно устанавливать с малым (до 5°) и большим (до $45 \div 60^\circ$) наклоном.

Трубчатый отстойник с небольшим наклоном работает периодически. Сначала проводят отстаивание, затем промывку трубок от осадка. Такие отстойники используются для осветления сточных вод с небольшим содержанием взвесей при расходах от $100 \text{ м}^3/\text{сут}$ до 10 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Эффективность очистки по взвешенным веществам составляет $80 \div 85 \%$.

Рабочий объем тонкослойного отстойника разделен по высоте наклонными пластинами на ряд зон отстаивания. Отстаивание в тонких слоях потока жидкости протекает быстро, поскольку путь движения осаждающихся частиц в $10 \div 50$ раз меньше по сравнению с емкостными отстойниками. Тонкослойные отстойники являются более компактными.

Тонкослойный отстойник делится наклонными пластинами на ярусы глубиной $45 \div 110$ мм. Наклон пластин в $45-60^\circ$ к горизонту обеспечивает сползание осадка в иловый приямок, а всплывающих веществ – на поверхность воды.

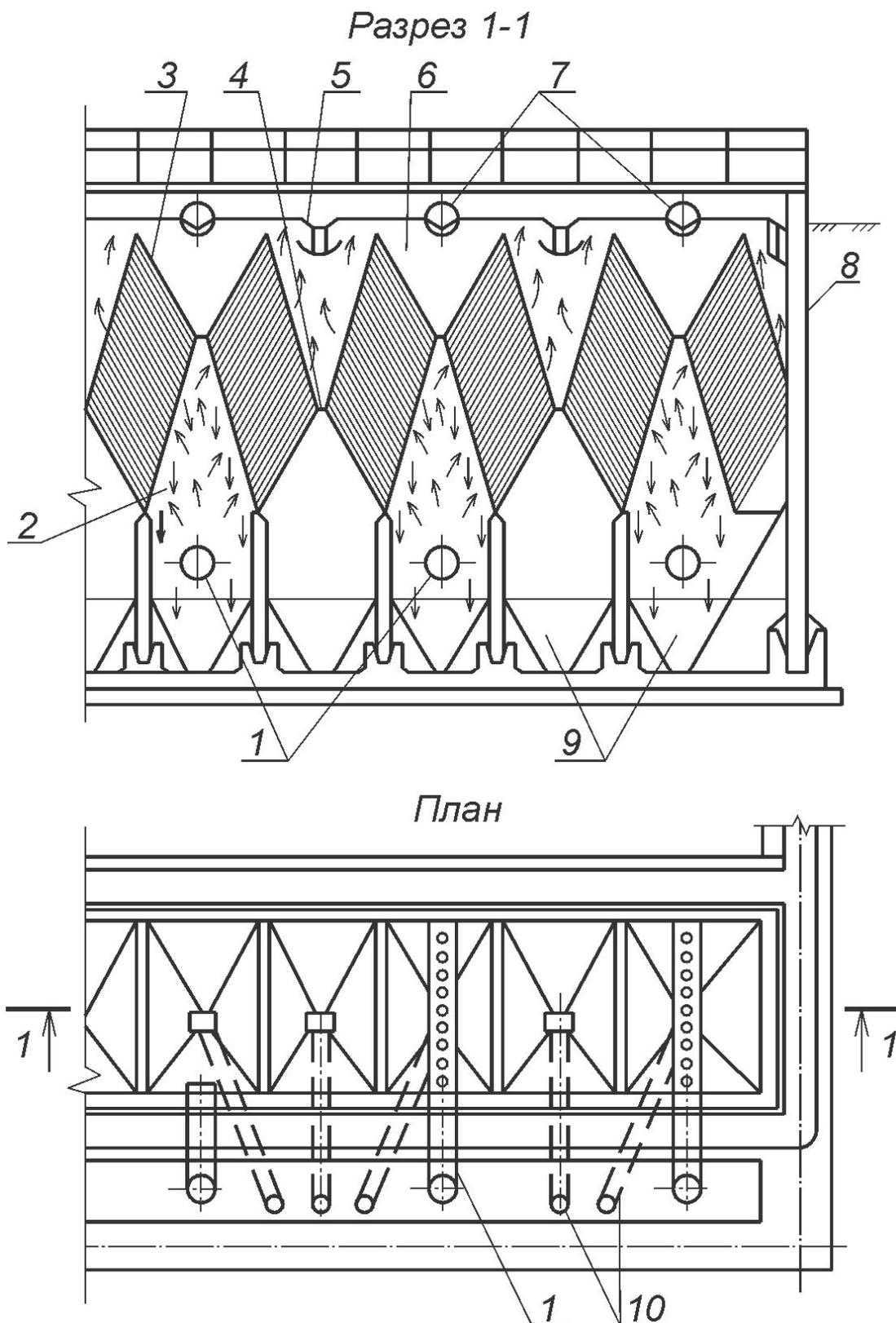


Рис. 51. Тонкослойный трубчатый отстойник [18]:
 1 – подающие распределительные трубопроводы; 2 – распределительная щель; 3 – пластмассовые трубчатые блоки; 4 – водосборная щель; 5 – лотки для сбора осветленной воды; 6 – пазухи для сбора всплывающих веществ; 7 – поворотные трубы для отвода плавающих веществ; 8 – емкость; 9 – приямки для сбора и уплотнения осадков; 10 – трубопроводы для выпуска осадка

В тонкослойном трубчатом отстойнике противоточного типа (см. рис. 51) сточная вода по распределительным трубопроводам подается в клинообразные щели. Затем вода осветляется в трубчатых блоках и собирается водосборными щелями. Выпавший осадок сползает в иловые приямки, откуда удаляется под действием гидростатического напора. Плавающие вещества удаляются с помощью поворотных труб.

Расчет

При расчете отстойника, работающего по перекрестной схеме (рис. 52) расчетными величинами являются длина яруса L_{bl} и производительность отстойника q_{set} [18].

1. Длина яруса L_{bl} , м:

$$L_{bl} = \frac{v_w \cdot h_{ti}}{u_0} \cdot K_{dis}, \quad (1)$$

где v_w – скорость потока воды в ярусе отстойника, мм/с, принимается по [1, табл. 31];

h_{ti} – высота яруса, м, определяется по [1, табл. 31] (при высоких концентрациях загрязнений рекомендуется принимать большие значения);

K_{dis} – коэффициент сноса выделенных частиц (при плоских пластинах $K_{dis} = 1,2$; при рифленых пластинах $K_{dis} = 1$);

u_0 – гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с, которую рекомендуется определять в слое, равном высоте яруса h_{ti} .

2. Производительность отстойника q_{set} , м³/ч:

$$q_{set} = 7,2 \cdot K_{set} \cdot H_{bl} \cdot L_{bl} \cdot B_{bl} \cdot u_0 / (K_{dis} \cdot h_{ti}), \quad (2)$$

где B_{bl} – ширина тонкослойного блока, м, назначается, исходя из допустимого прогиба листа, выбранного для тонкослойного блока ($\Delta\delta = 3 - 5$ мм), при наклоне под углом сползания осадка.

3. Строительная ширина $B_{стр}$, м, отстойника:

$$B_{стр} = 2 \cdot B_{bl} + b_1 + 2 \cdot b_2, \quad (3)$$

где $b_1 = 0,25$ м; $b_2 = 0,05-0,1$ м.

После определения длины яруса отстойника L_{bl} , исходя из возможных размеров материала, применяющегося для параллельных пластин, назначают длину пластины в ярусе и количество блоков (модулей), располагаемых по одной прямой.

Обязательным условием, выполняемым при конструировании отстойника, должна быть плотная стыковка соответствующих пластин в рядом устанавливаемых блоках (модулях).

4. Строительная высота отстойника $H_{стр}$, м:

$$H_{стр} = H_{bl} + h_3 + h_m + 0,3, \quad (4)$$

где h_3 – высота, необходимая для расположения рамы, на которой устанавливаются блоки ($h_3 = 0,2-0,3$ м; $h_m = 0,1$ м).

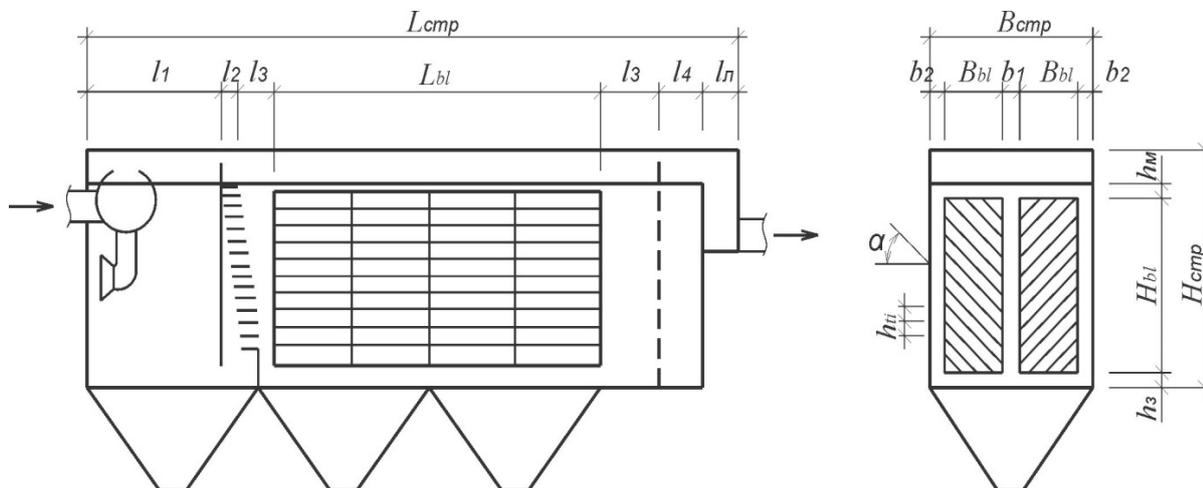


Рис. 52. Схема тонкослойного отстойника, работающего по перекрестной схеме удаления осадка [18]

5. Строительная длина тонкослойного отстойника $L_{стр}$, м:

$$L_{стр} = L_{bl} + l_1 + l_2 + 2 \cdot l_3 + l_4. \quad (5)$$

6. Зона длиной l_1 служит для выделения крупных примесей. Объем зоны рассчитывается на 2-3-минутное пребывание потока.

$$l_1 = q_{set} \cdot t / (60 \cdot H_{bl} \cdot B_{стр} \cdot K_{set}), \quad (6)$$

где K_{set} – коэффициент использования зоны, принимается равным 0,3; при применении пропорционального устройства $l_2 = 0,2$ м, если распределение осуществляется дырчатой перегородкой $l_2 = 0$; $l_3 = 0,2-0,25$ м; $l_4 = 0,15-0,2$ м.

В настоящее время используется большое количество конструктивных разновидностей тонкослойных отстойников, работающих по противоточной схеме. Практически все они могут быть сведены к двум расчетным схемам, показанным на рис. 53 и 54. В конструкции отстойника, представленного на рис. 53, расчетными являются длина пластины в блоке (модуле) L_{bl} и производительность секции q_{set} [18].

Длину пластины L_{bl} можно определить по формуле

$$L_{bl} = v_w \cdot h_{ii} / u_0, \quad (7)$$

где v_w – скорость потока в ярусе, мм/с;

h_{ii} – высота яруса, м. Данные параметры задаются по [1, табл. 31].

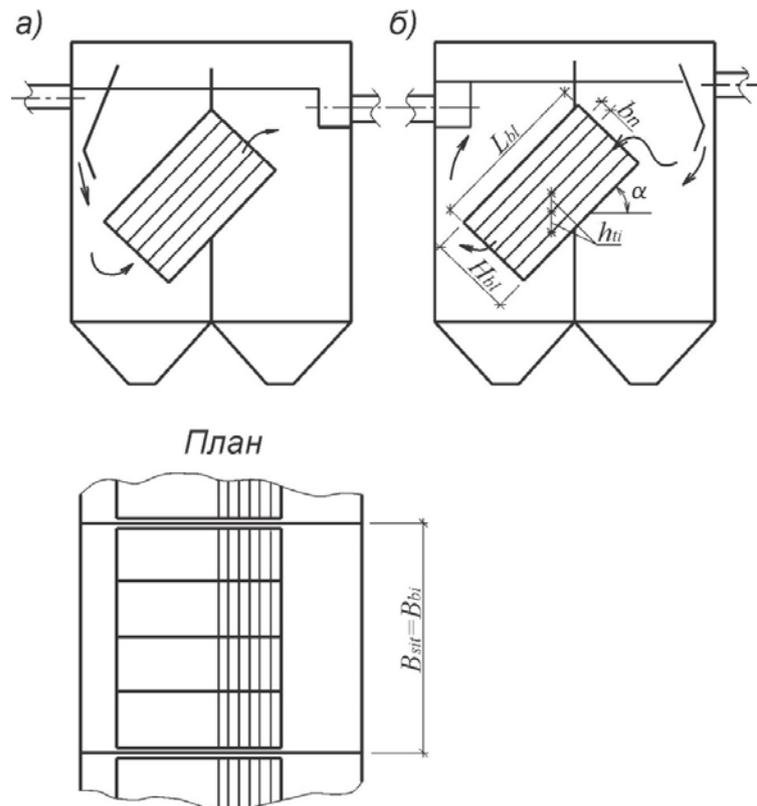


Рис. 53. Схема тонкослойного отстойника, работающего по противоточной схеме удаления примесей [18]: а – тяжелых примесей; б – легких примесей (масла, нефтепродукты и т.п.)

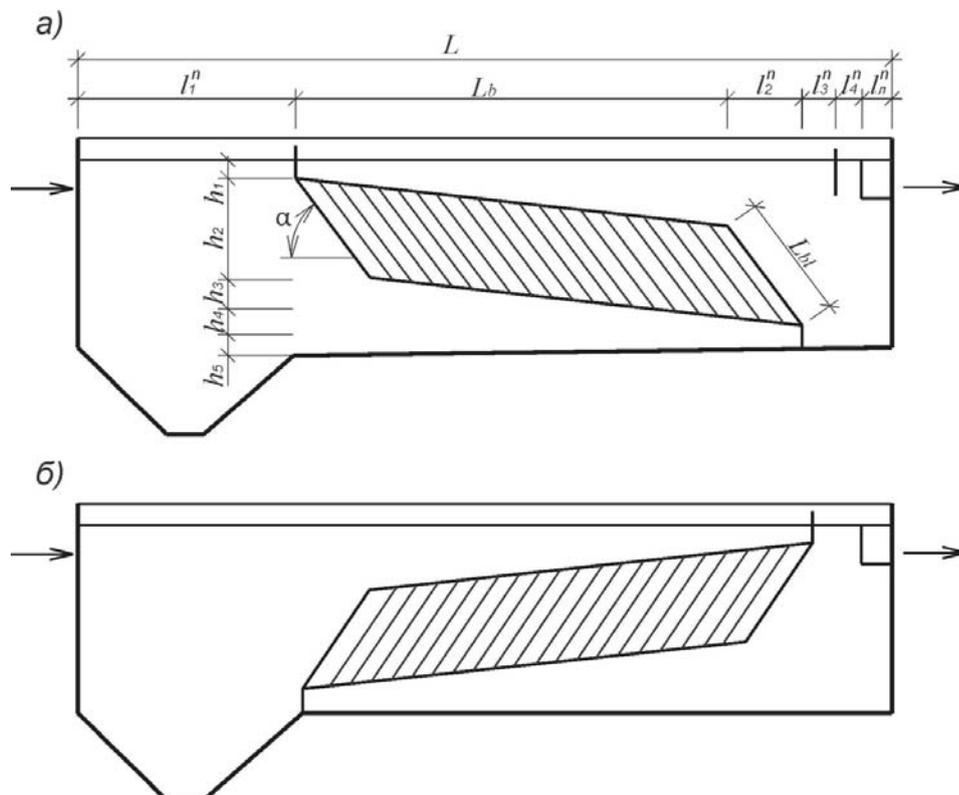


Рис. 54. Схема отстойника, оборудованного тонкослойными блоками и работающего по противоточной схеме удаления примесей [18]: а – тяжелых примесей; б – легких примесей (масла, нефтепродукты и т.п.)

Производительность одной секции рассчитывается по [1, формула (36)], для которой H_{bl} , м, определяется по формуле

$$H_{bl} = n_{ii} \cdot b_n, \quad (8)$$

где n_{ii} – количество ярусов в блоке, которое назначается из конструктивных соображений;

b_n – расстояние между пластинами, м,

$$b_n = h_{ii} \cdot \cos \alpha. \quad (9)$$

Ширина секции отстойника назначается из конструктивных соображений и исходя из размеров пластин, предназначенных для изготовления блоков (модулей). Все размеры других узлов отстойника (ширина резервуара отстойника, его строительная глубина и т.д.) назначаются из конструктивных соображений.

За расчетные параметры тонкослойного отстойника (см. рис. 54) следует принимать длину пластин в блоке L_{bl} и длину расположения тонкослойных блоков (модулей) L_b . Величина L_{bl} определяется так же, как и в предыдущем случае по формуле (7), а L_b , м, – по формуле

$$L_b = q_{set} / (3.6 \cdot K_{set} \cdot v_W \cdot B_{bl}), \quad (10)$$

где q_{set} – расход сточных вод на секцию, м³/ч.

Общая длина $L_{стр}^0$ отстойника вычисляется по формуле

$$L_{стр}^0 = L_b + l_1^n + l_2^n + l_3^n + l_4^n + l_n^n, \quad (11)$$

где l_1^n – длина зоны, определяется из условия формирования потока перед распределением между ярусами. В этом же объеме происходит выделение крупных механических примесей, при этом l_1^n принимается в интервале 1 ÷ 1,5 м;

$$l_2^n = l_{bl} \cdot \sin(90 - \alpha); \quad l_3^n = 0,3 \text{ м}; \quad l_4^n = 0,05 \div 0,1 \text{ м}; \quad l_n^n = 0,4 - 0,5 \text{ м}.$$

Общая глубина воды в отстойнике $H_{стр}$, м, определяется как сумма высот различных зон:

$$H_{стр} = h_m + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \quad (12)$$

где

$$h_2 = L_{bl} \cdot \sin \alpha; \quad (13)$$

$$h_m \geq 0,1 \text{ м}; \quad h_3 = 0,2 \div 0,5 \text{ м}; \quad h_4 = 0,1 \div 0,2 \text{ м}; \quad h_5 = 0,3 \text{ м}.$$

Затем определяется удельный объем образующегося осадка Q_{mud} , м³/ч, назначаются способ его удаления в приямок и способ удаления из приямка, а по [1, формула (37)] рассчитывается его расход.

Реконструкция обычных отстойников в тонкослойные

В случае дополнения горизонтальных отстойников тонкослойными блоками (при необходимости повышения их эффективности или для увеличения производительности), расчетными параметрами являются длина пластин L_{bl} в блоке (модуле) и расстояние L_b , на котором устанавливаются блоки в отстойнике. Эти величины рассчитываются по формулам (7) и (10). Величина B_{bl} численно равна ширине секции отстойника.

При дополнении тонкослойными блоками вертикальных отстойников, при известных габаритах отстойника L_{set} и B_{set} или D_{set} , заданной крупности задерживаемых частиц U_0 расчетной величиной является длина пластин L_{bl} , которая при заданной высоте яруса h_{ti} определяется по формуле (7), или высота яруса h_{ti} рассчитывается по заданной длине пластин по той же формуле.

1. Производительность отстойника, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{set} = 3,6 \cdot K_{set} \cdot \frac{F_{set} \cdot H_{bl} \cdot u_0}{h_{ti}}; \quad (14)$$

здесь $F_{set} = L_{set} \cdot B_{set}$, м^2 или $F_{set} = 0,785 \cdot D_{set}^2$, м^2 ; $H_{bl} = L_{bl} \cdot \sin \alpha$, м. (15)

Когда производительность отстойника известна и требуется лишь увеличить эффективность очистки $\mathcal{E}_{тр}$, по лабораторным анализам кинетики отстаивания изучаемой воды определяется гидравлическая крупность частиц. Далее, задаваясь высотой яруса h_{ti} , по формуле (14) находят высоту H_{bl} , на которой должны быть расположены тонкослойные элементы, а затем по формуле (15) рассчитывают длину пластины и проверяют по формуле (7) скорость потока в ярусе.

При дополнении существующих радиальных отстойников тонкослойными блоками (модулями) (рис. 55), когда известны геометрические размеры отстойника и его производительность, а требуемая степень очистки задана гидравлической крупностью частиц U_0 , которые необходимо выделить, расчетными параметрами являются длина пластины в блоке L_{bl} , высота блока H_{bl} и число ярусов в блоке n_{ti} . Величина L_{bl} рассчитывается по формуле (7) при заданной высоте яруса h_{ti} .

2. Высота блока H_{bl} , м:

$$H_{bl} = \frac{q_{set} \cdot h_{ti}}{3,6 \cdot K_{set} \cdot \pi \cdot D_1 \cdot L_{bl} \cdot u_0}, \quad (16)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема, определяется по [1, табл. 31], как для радиальных отстойников;

D_1 – диаметр расположения блоков, м.

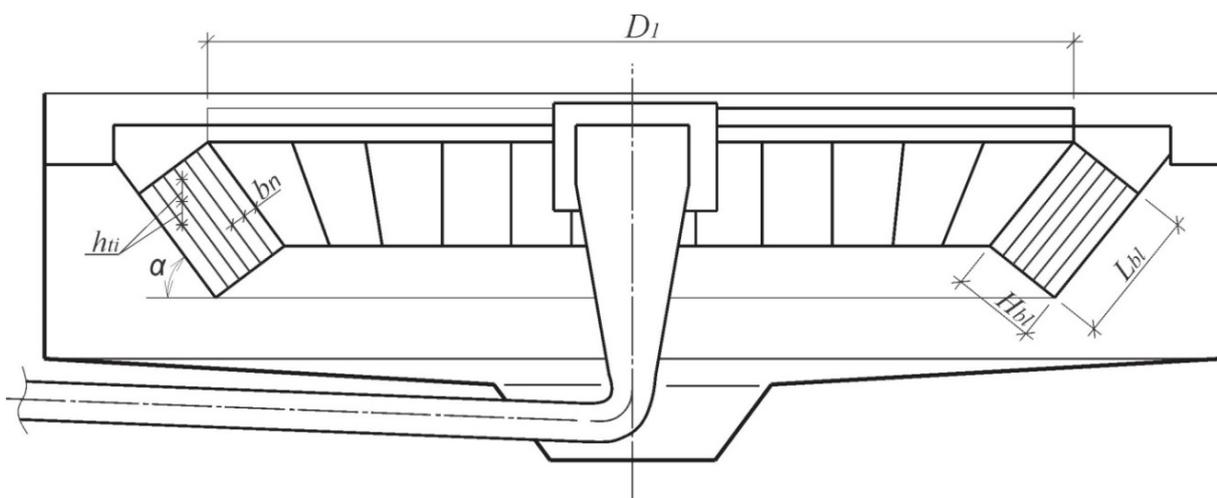


Рис. 55. Схема радиального отстойника, дополненного тонкослойными блоками (модулями) [18]

3. Число ярусов в блоке (модуле), шт.:

$$n_{ii} = H_{bl} \cdot / (h_{ii} \cdot \cos \alpha) \quad (17)$$

ЗАО «Дегтярский машиностроительный завод» совместно с ООО «Специализированное конструкторское бюро механизации и автоматизации» (г. Екатеринбург) изготавливают тонкослойные отстойники радиального типа производительностью от 100 до 2500 м³/ч (рис. 56).

Отстойники способны задерживать частицы примеси гидравлической крупностью 0,2 мм/с при средней скорости течения в межпластинчатом пространстве 2,25 мм/с, что соответствует продолжительности отстаивания около 15 мин. Эффективность осветления воды в отстойниках доходит до 99%. Предлагаемые тонкослойные отстойники имеют модификацию с утеплением наружной поверхности, что дает возможность их установки на открытой площадке.

Тонкослойные элементы изготавливаются из полипропилена. Рабочие элементы – прямоугольные модули, которые в любых количествах можно объединять в различные конструкции, как прямоугольные, так и радиальные.

Для сокращения строительного объема тонкослойных отстойников применяется прямоточная система, которая позволяет, используя усилие потока, уменьшить угол наклона пластин с 55÷60 до 30÷35°.

ЗАО «Дегтярский машиностроительный завод» производит также тонкослойные отстойники, рекомендованные к применению в составе очистных сооружений на предприятиях химической, металлургической, нефтехимической, пищевой и других отраслей промышленности.

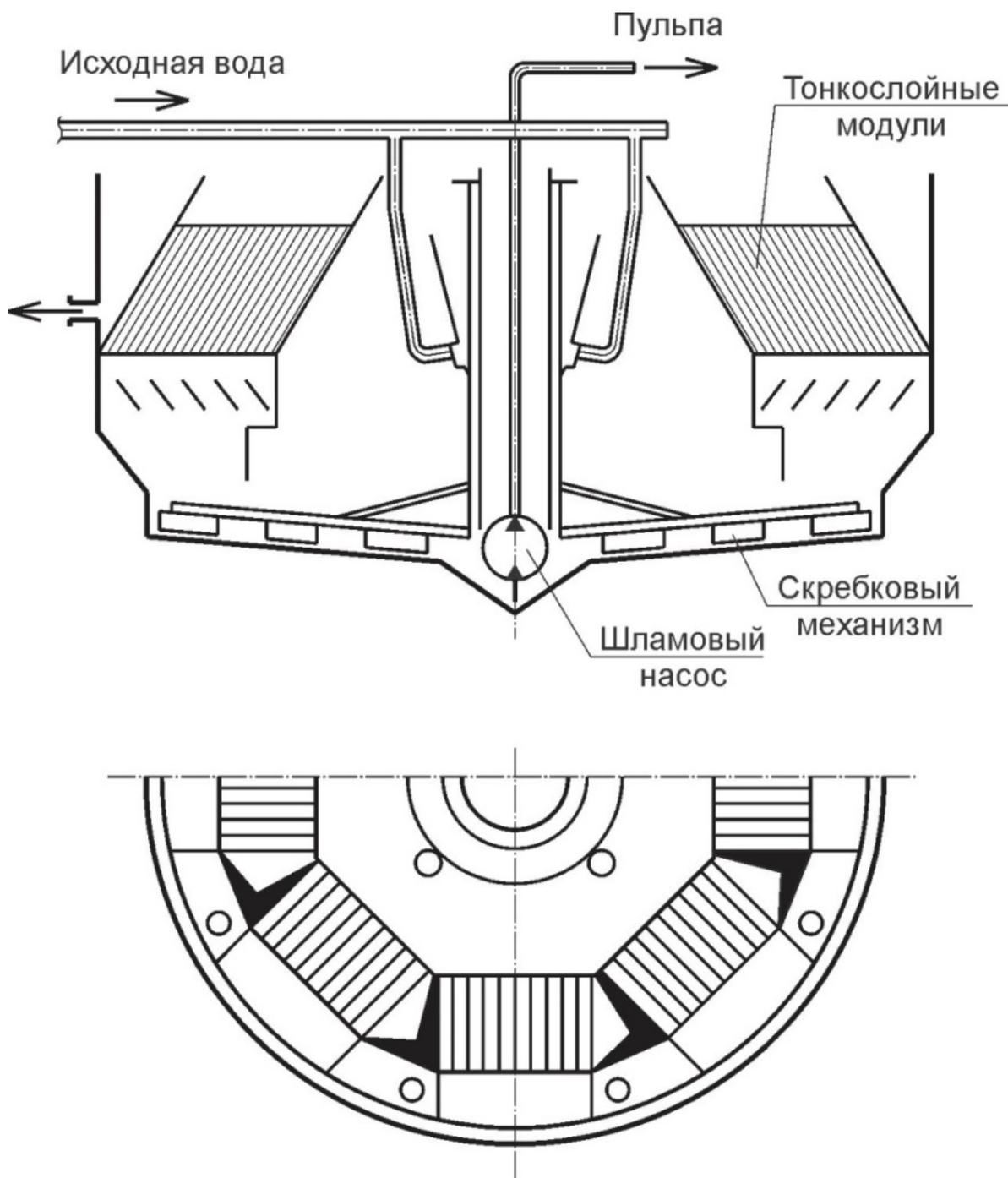


Рис. 56. Радиальный тонкослойный отстойник, работающий по прямоточной схеме удаления осадка

ЗАО «НПФ Аквапром» производит тонкослойные полочные отстойники (рис. 57), тонкослойные коаксиальные со встроенной камерой флокуляции (рис. 58), которые предназначены для осветления промышленных сточных вод, а также для любых других сточных вод, загрязненных кристаллическими (ферриты металлов, магнезит и т.п.) и аморфными (гидроксиды, оксиды металлов и т.п.) нецементирующимися взвешенными веществами.

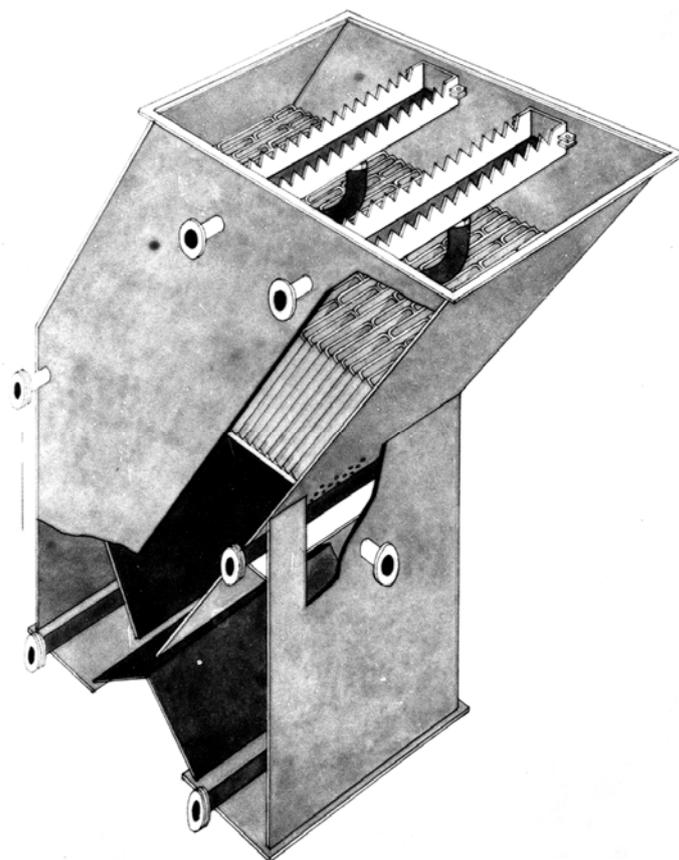


Рис. 57. Тонкослойный полочный отстойник

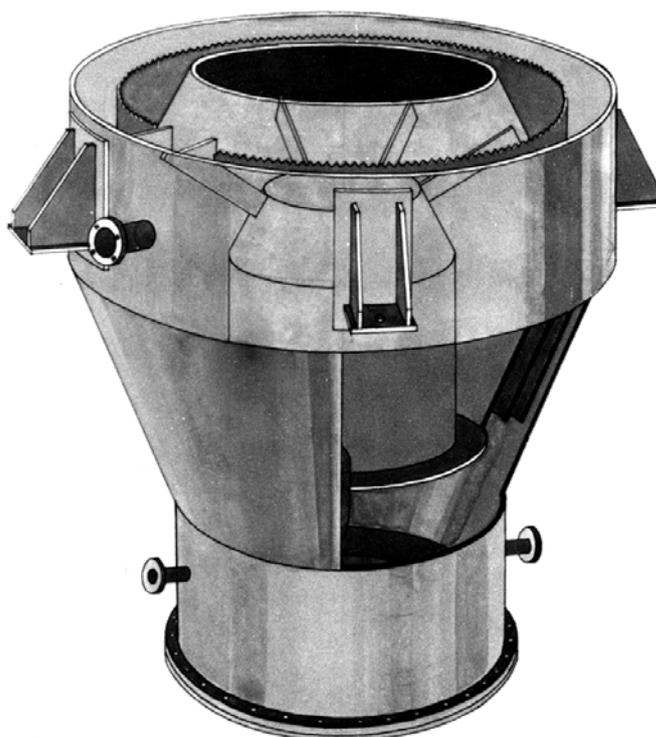


Рис. 58. Тонкослойный коаксиальный отстойник

Тонкослойные полочные отстойники состоят из корпуса, внутри которого размещается блок полок из пластмассы, металла или стекла, расположенных под углом 60° к горизонту. Нижняя пирамидальная часть корпуса предназначена для сбора осадка. Подвод сточной воды осуществляется дырчатými трубами в специальные карманы. В наклонных стенках карманов имеются отверстия, через которые вода поступает во внутреннюю часть отстойника, обеспечивая равномерное распределение потока по поперечному сечению. Сточная вода движется между полками снизу вверх со скоростями около 2,5 мм/с, взвешенные частицы при этом оседают на верхнюю часть полок и, агломерируясь с другими частицами, сползают вниз (противоточный режим) и попадают в пирамидальную иловую часть и дополнительные смежные с ней сборники осадка, откуда удаляются непрерывно под гидростатическим напором или принудительно. Отвод осветленной воды осуществляется из верхней части отстойника через два или более водосборных желоба.

Отстойники содержат камеру флокуляции (в отдельных случаях может быть камерой реакций) и непосредственно тонкослойный коаксиальный отстойник (зону осветления). Подвод сточной воды с флокулянтom, реагентом или без них осуществляется тангенциально со скоростью не более 3,5 м/с, в результате чего потоку сообщается вращательное движение, и он поднимается в камере флокуляции, обеспечивая перемешивание жидкости. Время пребывания в камере флокуляции 20 минут. После камеры флокуляции сточная вода проходит последовательно в направлении снизу вверх коаксиальную коническую часть отстойника (зона тонкослойного осветления) и цилиндрическую часть. Скорость восходящего потока не более 2,5 мм/с. Режим в зоне осветления противоточный. Осветлённая вода отводится из верхней части тонкослойного отстойника, а осадок по стенкам конусной части сползает в концентрический шламонакопитель, откуда удаляется непрерывно под гидростатическим напором или принудительно.

Эта конструкция отстойников обеспечивает более равномерный гидравлический режим работы по сравнению с плоскими полочными отстойниками и, соответственно, более высокую эффективность осветления сточных вод. Тонкослойные коаксиальные отстойники прошли длительную эксплуатацию на очистных сооружениях гальванических производств.

ЗАО «НПФ Аквапром» также производит тонкослойные трубчатые отстойники (рис. 59), предназначенные для гравитационного отстаивания любых нейтральных или химически обезвреженных сточных вод, образующих при осветлении легкоподвижные нецементирующие осадки, удаляемые гидростатическим передавливанием.

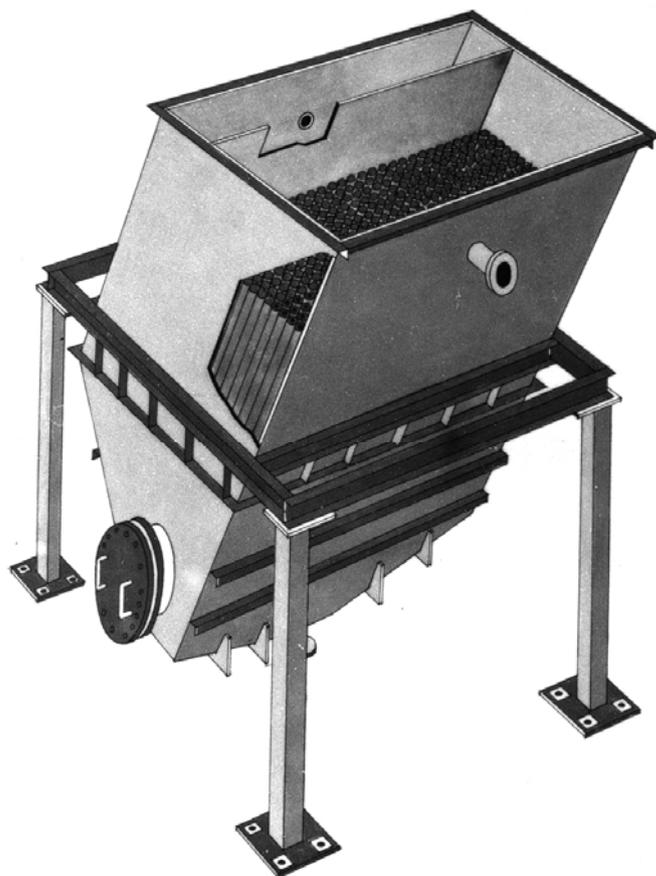


Рис. 59. Отстойник тонкослойный трубчатый

Трубчатый тонкослойный отстойник состоит из корпуса, внутри которого размещается блок трубок. Нижняя пирамидальная часть корпуса предназначена для сбора осадка. Подвод сточной воды осуществляется в специальный карман, отделённый от основного объема отстойника перегородкой. Сточная вода, вытекая из-под кромки перегородки, проходит затем в направлении снизу вверх со скоростью 2,5 мм/с через блок трубок, расположенных под углом 60° к горизонту. В трубчатом и межтрубном пространстве в противоточном режиме происходит разделение взвешенных частиц и воды. Гидравлическая крупность задерживаемой взвеси 0,2 мм/с. Отвод осветленной воды осуществляется из верхней части отстойника. Осадок сползает по стенкам труб и пирамидальной части и удаляется по шламовой трубе гидростатическим передавливанием.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены первичные отстойники?
2. Какие типы отстойников Вы знаете?
3. Как выбирается тот или иной тип отстойника?
4. Какое минимальное количество первичных отстойников принимается?

5. Во сколько раз увеличивается расчетный объем отстойников при их минимальном количестве?
6. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются вертикальные отстойники?
7. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются горизонтальные отстойники?
8. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются радиальные отстойники?
9. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются двухъярусные отстойники?
10. Как движутся очищаемые сточные воды в горизонтальных отстойниках?
11. Как движутся очищаемые сточные воды в вертикальных отстойниках?
12. Как движутся очищаемые сточные воды в радиальных отстойниках?
13. Каков эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в вертикальных отстойниках?
14. Каков эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в горизонтальных отстойниках?
15. Каков эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в радиальных отстойниках?
16. Каков эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в двухъярусных отстойниках?
17. В каких пределах принимается концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах после первичных отстойников?
18. В зависимости от каких расчетных параметров принимается продолжительность отстаивания сточных вод в первичных отстойниках?
19. В каких пределах принимается глубина проточной части первичных вертикальных отстойников?
20. В каких пределах принимается глубина проточной части первичных горизонтальных отстойников?
21. В каких пределах принимается глубина проточной части первичных радиальных отстойников?
22. В каких пределах принимается глубина проточной части двухъярусных отстойников?
23. Цель расчета первичных отстойников.
24. Какую форму в плане имеют вертикальные отстойники?
25. Какова восходящая скорость сточных вод в вертикальных отстойниках?
26. Какова скорость движения сточных вод в центральной трубе вертикальных отстойников?
27. Назовите типовые диаметры вертикальных отстойников.

28. Назовите, чему равен коэффициент использования объема проточной части вертикального отстойника.

29. Назовите, чему равна высота щели-зазора между отражательным щитом и обрезом раструба в вертикальных отстойниках.

30. Какова должна быть скорость движения сточной воды в щели-зазоре?

31. Назовите влажность сырого осадка при самотечном его удалении из первичных отстойников.

32. Назовите влажность сырого осадка при его удалении насосами из первичных отстойников.

33. Назовите плотность сырого осадка при самотечном его удалении из первичных отстойников.

34. Назовите плотность сырого осадка при его удалении насосами из первичных отстойников.

35. Какой принимается период времени между чистками сырого осадка из первичных отстойников?

36. Какой принимается угол наклона стенок днища первичных вертикальных отстойников?

37. Какой принимается диаметр нижней части основания вертикального отстойника?

38. Как определяется строительная высота вертикального отстойника?

39. Чему равна высота нейтрального слоя в первичных вертикальных отстойниках?

40. Какова конструкция первичных вертикальных отстойников?

41. Какова типовая компоновочная схема вертикальных отстойников?

42. Какое максимальное количество вертикальных отстойников проектируется?

43. При каких условиях рекомендуется проектировать вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком очищаемой жидкости?

44. Перечислите конструктивные особенности вертикальных отстойников с нисходяще-восходящим потоком очищаемой жидкости.

45. Схема вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком очищаемой жидкости.

46. Во сколько раз увеличивается пропускная способность отстойника с нисходяще-восходящим потоком при сохранении эффекта осветления обычного вертикального отстойника?

47. Какую типовую длину имеют горизонтальные отстойники?

48. Какую типовую ширину имеют горизонтальные отстойники?

49. Назовите скорость рабочего потока в проточной части горизонтального отстойника по СНиП 2.04.03–85.

50. Какая величина коэффициента использования объема проточной части горизонтального отстойника принимается по СНиП 2.04.03–85?

51. Какова конструктивная расчетная схема первичного горизонтального отстойника?
52. Схема компоновки группы первичных горизонтальных отстойников.
53. Каким образом удаляется сырой осадок из первичных горизонтальных отстойников?
54. Каким образом удаляется сырой осадок из первичных вертикальных отстойников?
55. Назовите минимальный диаметр трубы, по которой удаляется сырой осадок из первичных отстойников.
56. Из каких строительных материалов изготавливаются вертикальные отстойники?
57. Из каких строительных материалов изготавливаются горизонтальные отстойники?
58. Из каких строительных материалов изготавливаются радиальные отстойники?
59. Из каких строительных материалов изготавливаются двухъярусные отстойники?
60. Назовите типы конструкций первичных радиальных отстойников.
61. Какой эффект осветления по взвешенным веществам имеют радиальные отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством (отстойники конструкции И.В. Скирдова)?
62. Какой эффект осветления по взвешенным веществам имеют радиальные отстойники с периферийным впуском воды?
63. Назовите типовые диаметры первичных радиальных отстойников.
64. Какая скорость движения сточных вод в проточной части радиальных отстойниках принимается по СНиП 2.04.03–85?
65. Какой величины принимается коэффициент использования объема радиального отстойника?
66. Как удаляется сырой осадок из радиальных отстойников?
67. Какую форму в плане имеют радиальные отстойники?
68. Какова конструктивная расчетная схема радиального отстойника?
69. Типовая компоновочная схема первичных радиальных отстойников.
70. Максимальное количество проектируемых радиальных отстойников.
71. Конструктивная расчетная схема двухъярусного отстойника.
72. Назовите типовые диаметры двухъярусных отстойников.
73. Компоновочная схема двухъярусных отстойников.
74. Какая продолжительность отстаивания сточных вод принимается в осадочных желобах двухъярусного отстойника?

75. Назовите время и температуру сбраживания осадка в септической камере двухъярусного отстойника.
76. Типовая длина осадочных желобов двухъярусного отстойника.
77. Какое количество желобов проектируется в каждом двухъярусном отстойнике?
78. Типовая ширина осадочных желобов двухъярусного отстойника.
79. Какой величины принимается коэффициент, учитывающий увеличение объема септической камеры двухъярусного отстойника?
80. Какой уклон имеет днище септической камеры двухъярусного отстойника?
81. Диаметр нижнего основания конической части двухъярусного отстойника.
82. Высота нейтрального слоя в двухъярусном отстойнике.
83. Максимальное количество проектируемых двухъярусных отстойников.
84. Как определяется строительная высота двухъярусного отстойника?
85. Принцип работы и конструкция вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком сточной воды.
86. Принцип работы и конструкция вертикального отстойника с периферийным впускным устройством.
87. Принцип работы и конструкция радиального отстойника с вращающимся сборно-распределительным устройством.
88. Принцип работы и конструкция радиального отстойника с периферийным впуском сточной воды.
89. Конструкция вертикального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования.
90. Конструкция горизонтального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования.
91. Конструкция радиального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования.
92. Назовите минеральные коагулянты, применяемые для очистки городских сточных вод.
93. Назовите флокулянты, применяемые для очистки городских сточных вод.
94. Конструкция тонкослойных отстойников.
95. По каким признакам классифицируются тонкослойные отстойники.
96. Из какого материала изготавливают полочные и трубчатые элементы тонкослойных отстойников?
97. Каков угол наклона к горизонту пластин в тонкослойных отстойниках?

98. Перечислите преимущества тонкослойных отстойников в сравнении с применяемыми обычными отстойниками.

99. Конструкция тонкослойного трубчатого отстойника.

100. Какие расчетные параметры принимаются в случае дополнения существующих вертикальных, горизонтальных и радиальных отстойников тонкослойными блоками?

101. Охарактеризуйте конструкцию и принцип работы радиальных тонкослойных отстойников ЗАО «Дегтярский машиностроительный завод».

102. Конструкция и принцип работы тонкослойных полочных отстойников ЗАО «НПФ Аквапром».

9. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОСВЕТЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

В получивших распространение первичных отстойниках задерживается обычно 40-50% взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах. Вместе с тем при начальной концентрации взвешенных веществ не менее 300-400 мг/л, характерной для режимов экономного водопотребления, необходимый эффект первичного осветления может достигать 70-75% [21]. В противном случае неизбежен повышенный прирост избыточного активного ила, имеющего больший фактический объем и меньшую влагоотдачу при последующем обезвоживании.

В условиях формирования многокомпонентных городских сточных вод также часто образуется тонкодисперсная взвесь, в которой содержание оседающих веществ не превышает 30-50%. В указанных выше случаях для обеспечения требуемой эффективности первичного осветления необходимо интенсифицировать процесс осаждения взвешенных веществ.

Обширные исследования, проведенные за последние годы в нашей стране и за рубежом, позволили разработать и испытать различные методы интенсификации процессов отстаивания сточных вод и уплотнения образующихся осадков (рис. 60). Однако из известных методов интенсификации первичного отстаивания наибольшее распространение для очистки городских сточных вод получили методы, связанные с использованием биофлокулирующих свойств избыточного активного ила и биопленки, имеющих в своем составе внеклеточные биополимеры, обуславливающие пространственное структурирование и биофлокуляцию клеточных образований.

Для увеличения эффекта осветления сточных вод в первичных отстойниках при C_{en} более 300 мг/л и в целях снижения БПК₂₀ рекомендуется проектировать один из типов сооружений по интенсификации осветления сточных вод: осветлители с естественной аэрацией, биокоагуляторы либо преаэраторы. Как правило, эти сооружения проектируются перед первичными отстойниками или совмещаются с ними.

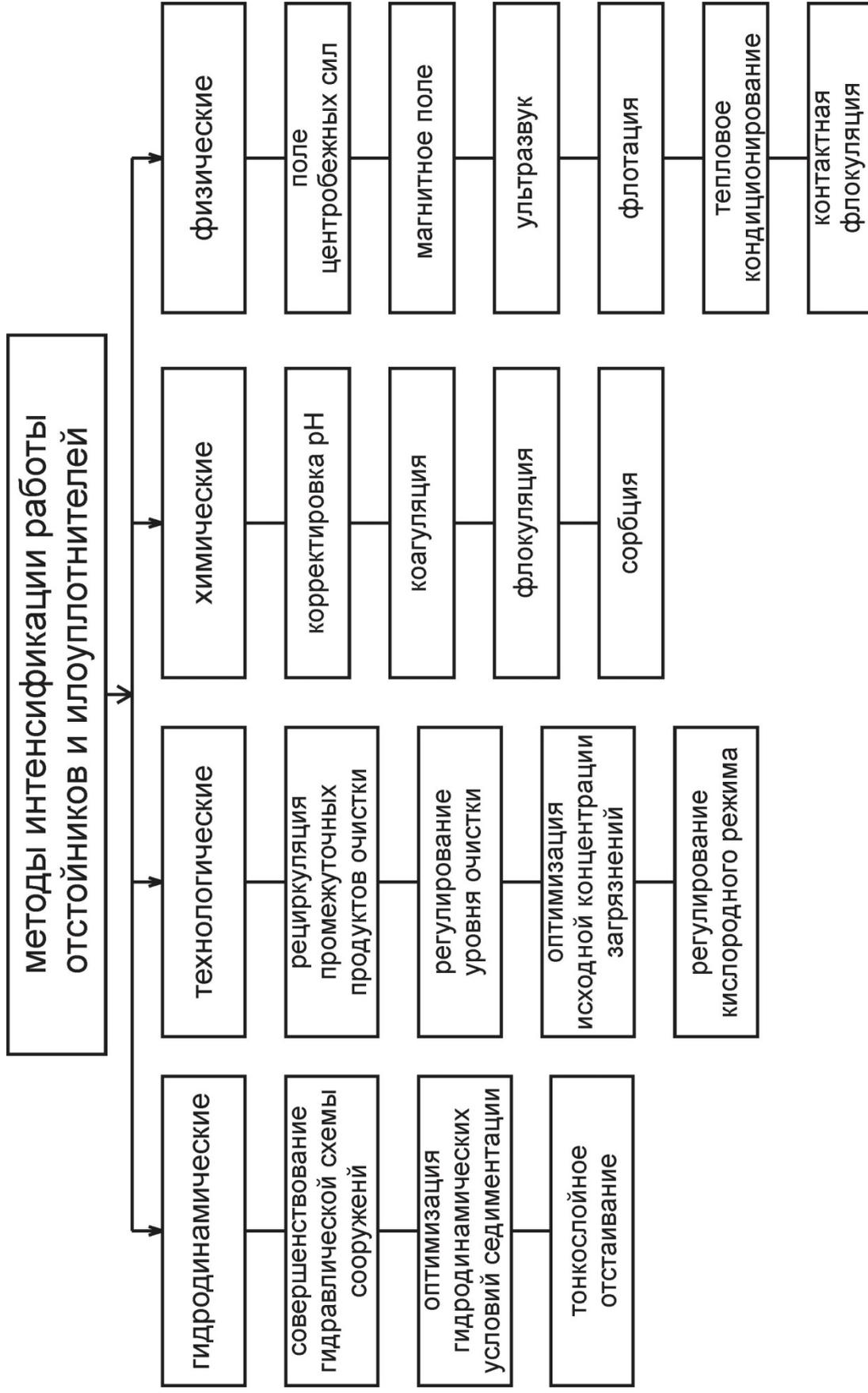


Рис. 60. Методы интенсификации работы отстойников и илоуплотнителей [21]

9.1. Осветлители с естественной аэрацией

Данный тип сооружений рекомендуется проектировать на станциях производительностью до 20 тыс. м³/сут в схемах биологической очистки сточных вод на биофильтрах. Осветлители являются модификацией вертикальных отстойников, в которых имеются зона флокуляции и зона отстаивания сточных вод. Осветлители проектируются перед первичными отстойниками. Они могут одновременно выполнять роль первичных отстойников.

Расчет

1. Объем камер флокуляции, м³, всех осветлителей:

$$W_{\text{к.ф.}} = \frac{q_w \cdot t_{\text{к.ф.}}}{60},$$

где q_w – расчетный расход сточных вод, м³/ч;

$t_{\text{к.ф.}}$ – период пребывания сточных вод в камере флокуляции, принимаемый равным 20 мин по [1, п. 6.76].

2. Площадь камер флокуляции, м²:

$$F_{\text{к.ф.}} = \frac{W_{\text{к.ф.}}}{H_{\text{к.ф.}}},$$

где $H_{\text{к.ф.}}$ – высота камеры флокуляции, принимается 4÷5 м по [1, п. 6.76].

Объемом конусной части пренебрегают.

3. Площадь зоны отстаивания, м²:

$$F_{\text{з.о}} = \frac{q_{\text{max}}}{v_{\text{з.о}}},$$

где $v_{\text{з.о}}$ – скорость движения сточных вод в зоне отстаивания, принимается равной 0,8÷1,5 мм/с или 0,0008÷0,0015 м/с;

q_{max} – расчетный расход сточных вод, м³/с.

4. Площадь центральных труб, м²:

$$F_{\text{ц.т}} = \frac{q_{\text{max}}}{v_{\text{ц.т}}},$$

где $v_{\text{ц.т}}$ – скорость движения сточных вод в центральной трубе, принимается 0,5÷0,7 м/с.

5. Площадь осветлителей в плане, м²:

$$F = F_{\text{к.ф.}} + F_{\text{з.о}} + F_{\text{ц.т.}}$$

6. Диаметры осветлителя, камеры флокуляции и центральной трубы, м:

$$D_{\text{осв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot n}};$$

$$D_{к.ф} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{к.ф}}{\pi \cdot n}};$$

$$d_{ц.г} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ц.г}}{\pi \cdot n}};$$

где n – количество осветлителей, принимаемое не менее 2-х.

Типовые диаметры осветлителей $D_{осв}$ такие же, что и диаметры первичных вертикальных отстойников, то есть 6 и 9 м. Типоразмеры осветлителей приведены в табл. 46.

Т а б л и ц а 46

Типоразмеры осветлителей с естественной аэрацией [8]

Номер типового проекта	Диаметр осветлителя, м	Высота, м		Емкость сооружений, м ³		Примечание
		цилиндрической части	конической части	из 2-х	из 4-х	
902-2-153	9,0	4,2	5,10	700	1400	A=6,0 м

7. Диаметр нижнего сечения камеры флокуляции, м:

$$D_{н.к.ф} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\max}}{\pi \cdot n \cdot v_{н.с.к.ф}}},$$

где $v_{н.с.к.ф}$ – скорость движения сточных вод в нижнем сечении камеры флокуляции, принимается 0,008÷0,01 м/с.

По данным, приведенным в табл. 46, подбирается ближайший типовой диаметр камеры флокуляции с учетом того, что высота конической части равна 1 м.

8. Проверяется фактическое время пребывания сточных вод, мин, в камере флокуляции:

$$t'_{к.ф} = \frac{60 \cdot W'_{к.ф} \cdot n}{q_w},$$

где $W'_{к.ф}$ – фактический объем камеры флокуляции, м³,

$$W'_{к.ф} = W_{ц.к.ф} + W_{к.к.ф};$$

здесь $W_{ц.к.ф}$ – объем цилиндрической части камеры флокуляции, м³,

$$W_{ц.к.ф} = (H_{к.ф} - 1) \cdot \frac{\pi \cdot D_{к.ф}^2}{4},$$

где $W_{к.к.ф}$ – объем конической части камеры флокуляции, м³:

$$W_{\text{к.к.ф}} = \frac{\pi}{12} \cdot (D_{\text{к.ф}}^2 + D_{\text{к.ф}} \cdot D_{\text{н.к.ф}} + D_{\text{н.к.ф}}^2).$$

Фактическое время должно быть не менее 20 мин.

9. Высота слоя осадка в иловой части, м:

$$h_{\text{ос}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot W_{\text{ос}}^{\text{T}}}{\pi \cdot n} - \frac{d}{2}},$$

где $W_{\text{ос}}^{\text{T}}$ – объем осадка, м^3 , выпадающего в осветлителе (см. подразд. 8.1),

$$W_{\text{ос}}^{\text{T}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot \mathcal{E} \cdot Q_{\text{w}} \cdot T \cdot 100}{(100 - \varphi_{\text{с.о}}) \cdot \gamma_{\text{с.о}} \cdot 10^6},$$

где $C_{\text{ен}}$ – усредненная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистку, мг/л;

\mathcal{E} – эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в долях единицы, принимаемый 0,7 ($\mathcal{E}=70\%$) по [1, п. 6.76];

Q_{w} – среднесуточный приток сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

T – время накопления осадка, принимается 1÷2 сут;

$\varphi_{\text{с.о}}$ – влажность сырого осадка, $\varphi_{\text{с.о}} = 96\%$;

$\gamma_{\text{с.о}}$ – удельный вес сырого осадка, $\gamma_{\text{с.о}} = 1,05 \text{ т/м}^3$;

d – диаметр нижнего основания конической части осветлителя, равный 0,4 м.

10. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{к.ф}} + h_{\text{нейтр}} + h_{\text{ос}},$$

где $h_{\text{нейтр}}$ – расстояние между нижним краем камеры флокуляции и поверхностью осадка, принимается 0,6 м.

11. Осветленная сточная жидкость после осветлителей имеет БПК_{полн} на 15 % ниже по сравнению с осветленным стоком в отстойниках, мг/л:

$$L'_{\text{ен}} = 0,85 \cdot L_{\text{ен}}.$$

Полученные размеры осветлителя выносятся на расчетную схему (рис. 61).

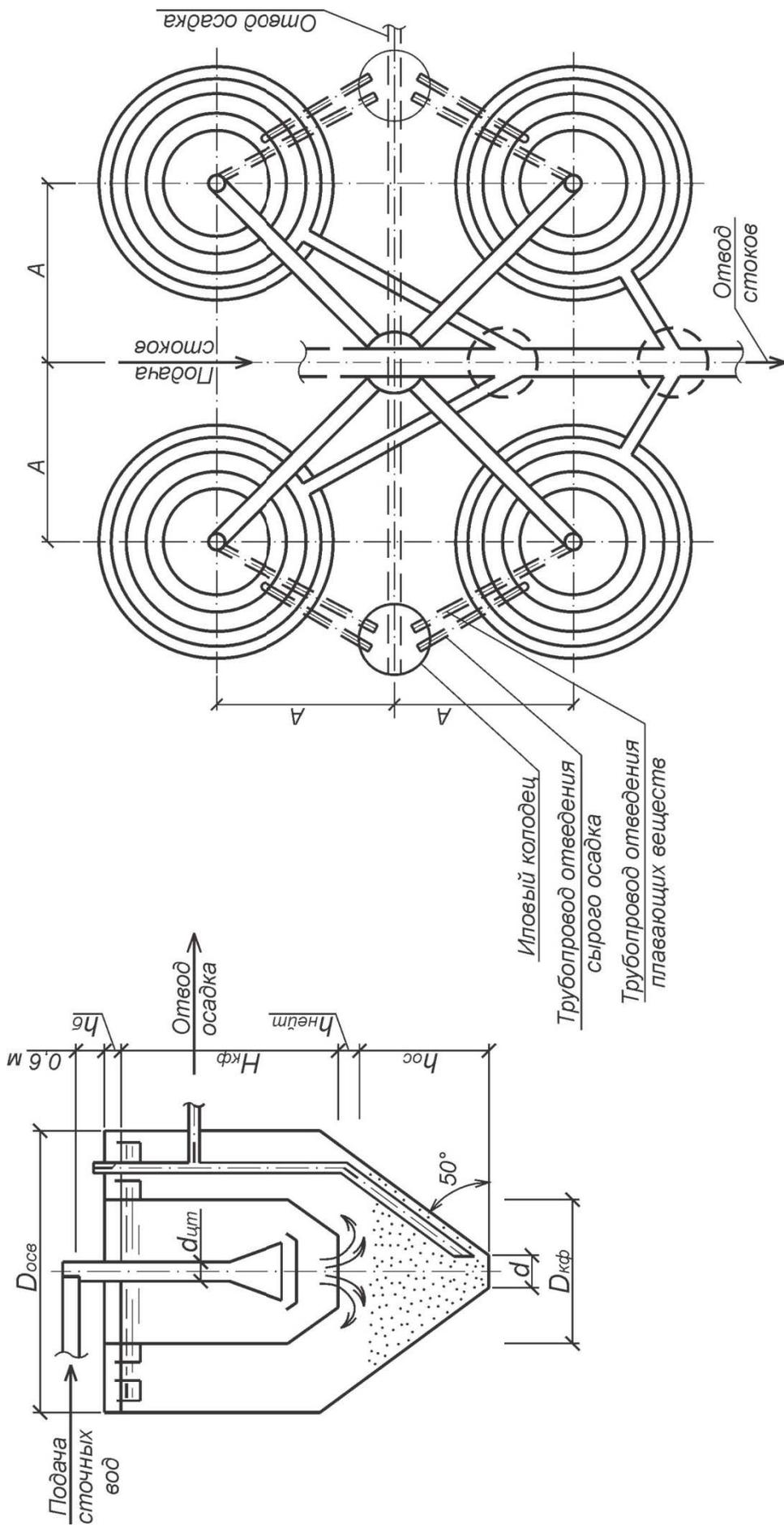


Рис. 61. Расчетная схема осветлителя и типовая компоновка группы этих сооружений

9.2. Осветлители-перегниватели

В практике проектирования чаще применяются осветлители с естественной аэрацией, совмещенные с перегнивателями (осветлители-перегниватели), в которых происходят осветление сточных вод и сбразивание осадка и которые используются при производительности очистных сооружений до 30 тыс. м³/сут [30, 31]. Расчет осветлителя рассмотрен в подразд. 9.1; расчет перегнивателя производят по [1, пп. 6.76–77].

В перегниватель направляются осадок из осветлителя и биопленка из вторичных отстойников в схеме с биофильтрами (или избыточный активный ил в схеме с аэротенками).

Расчет

1. Суточное количество осадков, м³, направляемых на сбразивание:

$$M_{\text{общ}} = v_{\text{ос}} + v_{\text{ил}},$$

где $v_{\text{ос}}$ – суточный объем сырого осадка из осветлителя, направляемого на сбразивание, м³,

$$v_{\text{ос}} = \frac{W_{\text{ос}}^T}{T} \cdot K_{\text{со}},$$

где $K_{\text{со}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение количества осадка за счет крупных фракций (принимается $K_{\text{со}} = 1,1 \div 1,2$);

T – продолжительность пребывания осадка в осадочной части первичного отстойника (принимается $1 \div 2$ сут);

$W_{\text{ос}}^T$ – объем сырого осадка, выпавшего в первичном отстойнике, м³.

Суточный объем биопленки или избыточного активного ила, направляемый на сбразивание, м³, определяется по формулам:

- в схеме с биофильтрами

$$v_{\text{ил}} = \frac{W_{\text{б.п.}}}{T} \cdot K_{\text{б.п.}};$$

- в схеме с аэротенками

$$v_{\text{ил}} = \frac{W_{\text{из.а.и.}}}{T} \cdot K_{\text{а.и.}} \cdot 24,$$

где $K_{\text{б.п.}}$ и $K_{\text{а.и.}}$ – соответственно, коэффициенты, учитывающие неравномерность прироста биопленки и активного ила в процессе отстаивания, принимаемые равными 1 и 3;

T – продолжительность пребывания биопленки и активного ила в иловой части вторичных отстойников, принимаемая:

- для биопленки $1 \div 2$ сут;
- для активного ила 2 ч;

$W_{б.п}$ и $W_{из. а.и}$ – соответственно, объемы биопленки и избыточного активного ила, выпадающих во вторичных отстойниках, м³ (принимаются из расчета иловой части вторичных отстойников).

2. Объем септической части перегнивателя, м³:

$$W_{пер} = \frac{M_{общ}}{d} \cdot 100,$$

где d – суточная доза загрузки 95 % влажности, принимается по [1, табл. 34] или по табл. 47.

Т а б л и ц а 47

Суточная доза загрузки осадка в осветлители-перегниватели

Средняя температура сточных вод или осадка, °С	6	7	8,5	10	12	15	20
Суточная доза загрузки осадка, %	0,72	0,85	1,02	1,28	1,7	2,57	5

П р и м е ч а н и я : 1. Суточная доза загрузки указана для осадка влажностью 95%. При влажности $P_{муд}$, отличающейся от 95%, суточная доза загрузки уточняется умножением табличного значения на отношение

$$\frac{5}{100 - P_{муд}}.$$

2. Суточные дозы загрузки осадка производственных сточных вод устанавливаются экспериментально.

При влажности $P_{муд}$, отличной от 95 %, суточная доза загрузки, %, определяется по формуле

$$d = d_{табл} \cdot \frac{100 - 95}{100 - \varphi_{ср}},$$

где $d_{табл}$ – табличное значение дозы загрузки, %;

$\varphi_{ср}$ – осредненная влажность осадков, подаваемых в перегниватель, %,

$$\varphi_{ср} = \frac{v_{ср} \cdot \varphi_{ос} + v_{ил} \cdot \varphi_{ил}}{v_{ос} + v_{ил}};$$

здесь $v_{ос}$, $v_{ил}$ – см. подразд. 9.2;

$\varphi_{ос}$, $\varphi_{ил}$ – соответственно, влажность сырого осадка из первичных отстойников и влажность ила или биопленки из вторичных отстойников, %.

3. Объем септической части одного перегнивателя, м³:

$$W = \frac{W_{пер}}{n},$$

где n – количество перегнивателей, шт.

По W принимаются типовые размеры осветлителя-перегнвателя с учетом типовых проектов – D, H, W .

Типовые проекты осветлителей-перегнвателей приводятся в табл. 48.

Т а б л и ц а 48

Типоразмеры осветлителей-перегнвателей [31]

Номер типового проекта	Пропускная способность осветлителя- перегнвателя, м ³ /сут	Диаметр перегнвателя, м	Диаметр осветлителя, м	Объем перегнвателя, м ³	Высота перегнвателя, м	
					цилиндрической части	конической части
1	2	3	4	5	6	7
902-2-314**	228	9	5	306	6,0	3,5
902-2-315**	381	12	5	640	6,0	3,5
902-2-316**	615	15	6	1060	6,0	3,5

На рис. 62 дана компоновочная схема осветлителей-перегнвателей.

9.3. Биокоагуляторы

Этот тип сооружений рекомендуется проектировать на станциях производительностью до 30 тыс. м³/сут для увеличения производительности очистных сооружений и при необходимости значительного повышения эффективности задержания взвеси, снижения концентрации органических загрязнений в осветленных сточных водах. Расчет биокоагуляторов выполняют в соответствии с [1, п. 6.116], учитывая, что этот тип сооружений можно встроить в типовые вертикальные отстойники, в которых выделяются зоны биокоагуляции и отстаивания. Биокоагуляторы применяют на станциях очистки с аэротенками и биофильтрами [4].

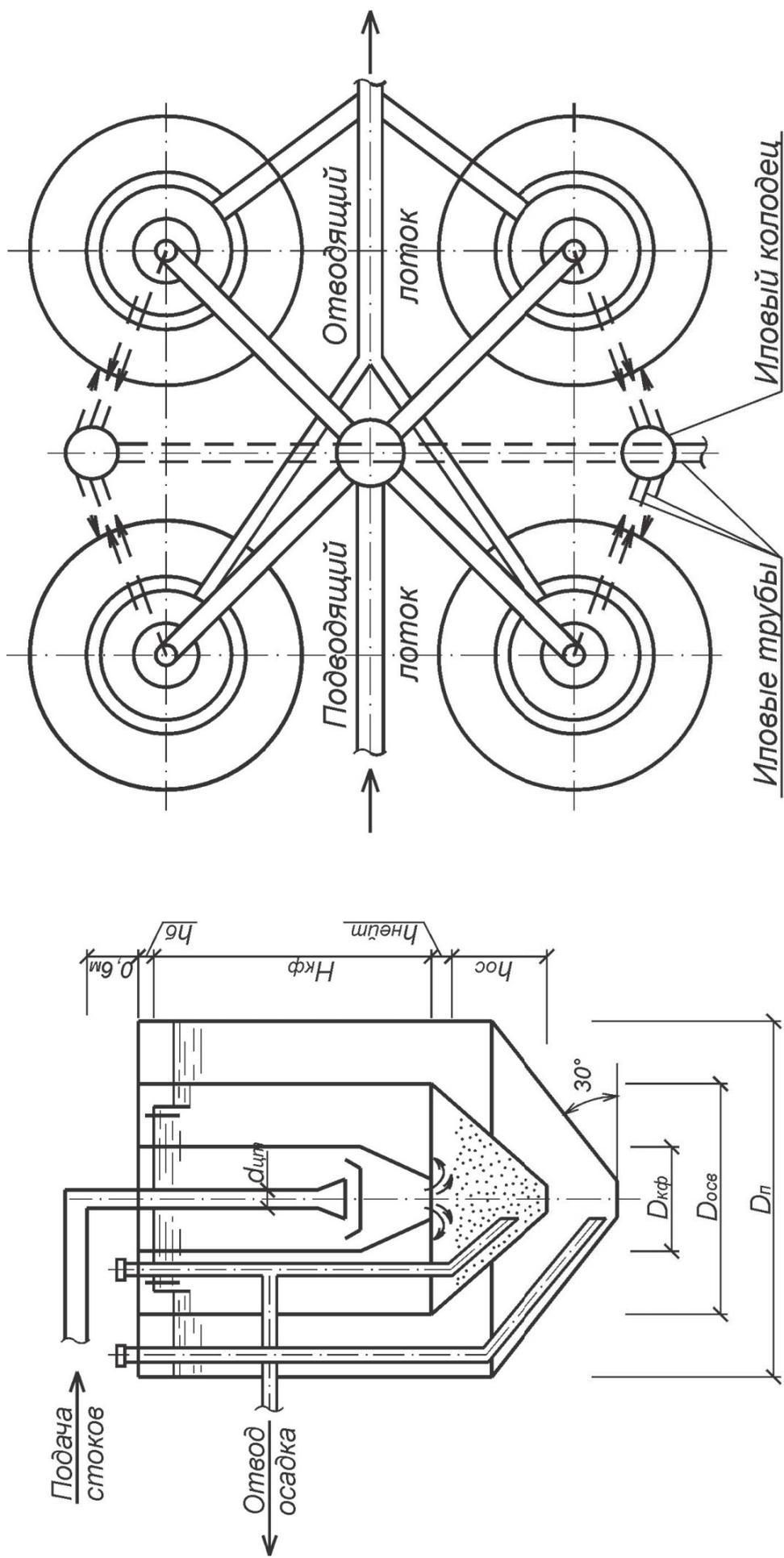


Рис. 62. Типовая схема компоновки осветлителей-перегнивателей

Расчет

1. Общая площадь биокоагуляторов в плане, м²:

$$F_{б.к} = F_{з.о} + F_{з.б} + F_{ц.т},$$

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

$F_{з.б}$ – площадь зоны биокоагуляции, м²;

$F_{ц.т}$ – площадь центральных труб, м².

2. Площадь центральных труб, м²:

$$F_{ц.т} = \frac{q_{\max}}{v_{ц.т}},$$

где $v_{ц.т}$ – скорость движения жидкости в центральной трубе, принимается 0,03 м/с (30 мм/с);

q_{\max} – расчетный расход жидкости, подаваемый в биокоагулятор с учетом избыточного ила или биопленки, м³/с (избыточного ила подается 50÷100 %; биопленки – 100 %).

Расчетный расход жидкости, м³/с, определяется в схемах очистных сооружений:

• с аэротенками $q_{\max} = q_{\max_{ст}} + q_{ил} \cdot 0,5$;

• с биофильтрами $q_{\max} = q_{\max_{ст}} + q_{б.п}$,

где $q_{\max_{ст}}$ – расчетный приток сточных вод, м³/с;

$q_{ил}$, $q_{б.п}$ – соответственно количество ила или биопленки, м³/с;

а) количество ила, м³/с:

$$q_{ил} = \frac{P_i \cdot q_{\max_{ст}} \cdot 100}{(100 - \varphi_{ил}) \cdot \gamma_{ил} \cdot 1000 \cdot 1000},$$

где P_i – прирост активного ила, г/м³,

$$P_i = 0,8 C_{cdp} + K_g \cdot L_{en};$$

здесь C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в аэротенк (100; 150 мг/л);

K_g – коэффициент прироста, принимаемый для бытовых сточных вод равным 0,3;

L_{en} – БПК_{полн}, поступающей в аэротенк со сточной водой (с учетом снижения БПК_{полн} при первичном отстаивании), мг/л;

$\varphi_{ил}$ – влажность избыточного ила, зависящая от концентрации активного ила a_r в регенераторе,

$$a_r = 4 \text{ г/л} - \varphi_{ил} = 99,6 \%; \quad a_r = 8 \text{ г/л} - \varphi_{ил} = 99,2 \%;$$

$\gamma_{ил}$ – удельный вес ила, т/м³ ($\gamma_{ил} = 1,02 \text{ т/м}^3$).

Объем активного ила, м³:

$$W_{\text{а.и}} = \frac{P_i \cdot 0,5 \cdot Q_w \cdot T \cdot 100}{(100 - \varphi_{\text{а.и}}) \cdot \gamma_{\text{а.и}} \cdot 10^6},$$

где T – продолжительность пребывания активного ила в иловой части вторичного отстойника, равная 2 ч;

б) количество биопленки, м³/с:

$$q_{\text{б.п}} = \frac{C \cdot N_{\text{пр}}^{\text{БПК}_{20}} \cdot 100}{(100 - \varphi_{\text{б.п}}) \cdot \gamma_{\text{б.п}} \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 3600},$$

где C – количество биопленки на 1 жителя, г/(чел·сут), принимаемое 28 г/(чел·сут) по [1, п.6.135];

$\varphi_{\text{б.п}}$ – влажность биопленки, равная 96% по [1, п.6.135];

$N_{\text{пр}}^{\text{БПК}_{20}}$ – приведенное количество жителей по БПК₂₀, чел.;

$\gamma_{\text{б.п}}$ – удельный вес биопленки, т/м³ ($\gamma_{\text{б.п}} = 1,04$ т/м³).

Объем биопленки, м³:

$$W_{\text{б.п}} = \frac{C \cdot N_{\text{пр}}^{\text{БПК}_{20}} \cdot 100 \cdot T}{(100 - \varphi_{\text{б.п}}) \cdot \gamma_{\text{б.п}} \cdot 10^6},$$

где T – продолжительность пребывания биопленки в иловой части вторичного отстойника, равная 1÷2 сут;

в) объем камер биокоагуляции, м³:

$$W_{\text{к.б}} = \frac{q_w \cdot t_b}{60},$$

где t_b – время биокоагуляции сточных вод, равное продолжительности аэрации жидкости в камере биокоагуляции, мин ($t_b = 20$ мин);

q_w – расчетный приток сточных вод с учетом объема ила или биопленки, м³/ч;

г) высота камеры биокоагуляции (равна высоте зоны отстаивания), м:

$$H_{\text{к.б}} = H = v_{3.0} \cdot t_{\text{set}} \cdot 3600,$$

где $v_{3.0}$ – скорость движения сточных вод в зоне отстаивания, м/с, ($v_{3.0} = 0,0008 \div 0,00085$ м/с);

t_{set} – продолжительность отстаивания сточных вод, принимаемая 1,5 ч.

Обычно $H = 2,7 \div 3,8$ м.

3. Площадь зоны отстаивания, м²:

$$F_{3.0} = \frac{q_{\text{max}}}{v_{3.0}}.$$

4. Площадь камер биокоагуляции, м²:

$$F_{з.б} = \frac{W_{к.б.}}{H_{к.б.}}$$

5. Диаметр биокоагуляторов определяется с учетом типового диаметра вертикального отстойника, м (см. табл. 38):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{б.к}}{\pi \cdot n}} \leq 9,0 \text{ м},$$

где n – количество биокоагуляторов, шт., принимается не менее 2.

6. Сторона камеры биокоагулятора, квадратного в плане, м:

$$b = \sqrt{\frac{F_{з.б}}{n}}$$

7. Диаметр собственно камеры биокоагуляции, м:

$$d_{к.б} = b\sqrt{2}$$

8. Диаметр центральной трубы, м:

$$d_{ц.т} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ц.т}}{\pi \cdot n}}$$

9. Высота щели между отражательным щитом и обрезом раструба центральной трубы рассчитывается по формулам, приведенным в подразд. 8.1.

10. Расчет осадочной части.

В иловой части размещается не только сырой осадок, но и подаваемый осадок из вторичных отстойников:

а) объем сырого осадка, м³:

$$W_{с.о} = \frac{C_{en} \cdot \mathcal{E} \cdot T \cdot Q_w \cdot 100}{(100 - \phi_{с.о}) \cdot \gamma_{с.о} \cdot 1000 \cdot 1000},$$

где \mathcal{E} – эффект осветления сточных вод, принимаемый 0,7 (70 %);

б) объем активного ила, м³:

$$W_{а.и} = \frac{P_i \cdot 0,5 \cdot Q_w \cdot T \cdot 100}{(100 - \kappa_{а.и}) \cdot \gamma_{а.и} \cdot 10^6};$$

в) объем биопленки, м³:

$$W_{б.п} = \frac{C \cdot N_{пр}^{БПК_{20}} \cdot T \cdot 100}{(100 - \phi_{б.п}) \cdot \gamma_{б.п} \cdot 10^6}.$$

В конической части биокоагулятора, м³, должен размещаться осадок при компоновке очистной станции в схемах:

- с аэротенками $W_{о.с} = W_{с.о} + W_{а.и}$;
- с биофильтрами $W_{о.с} = W_{с.о} + W_{б.п}$.

11. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + H_{\text{к.б}} + h_{\text{нейт}} + h_{\text{ос}},$$

где $h_{\text{нейт}}$ – высота нейтрального слоя, равная 0,3 м;

если $h_{\text{ос}} + h_{\text{нейт}}$ значительно меньше высоты конической части биокоагулятора, то $H_{\text{стр}} = h_{\text{б}} + h_{\text{к.б}} + h_{\text{кон}}$, м.

Полученные размеры биокоагулятора привязываются к типовым размерам вертикальных отстойников и выносятся на расчетную схему (рис. 63).

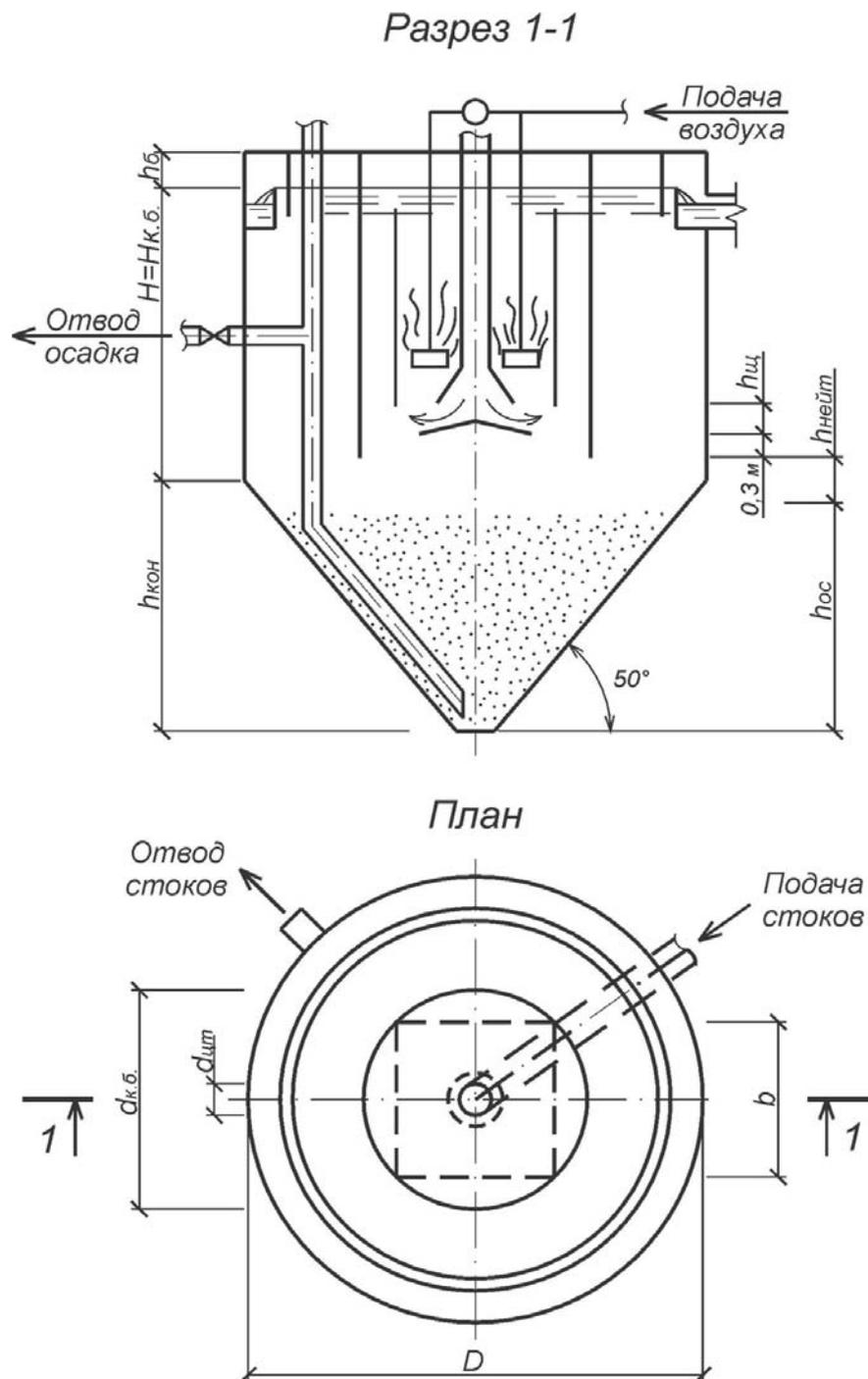


Рис. 63. Расчетная схема биокоагулятора

12. Количество воздуха, необходимого для процесса биокоагуляции, м³/ч:

$$q_{air} = q_w \cdot q_0,$$

где q_0 – удельный расход воздуха, м³/м³, принимаемый по [1, п. 6.116].

13. БПК_{полн} осветленных сточных вод после биокоагулятора снижается на 20-25 %, то есть $L'_{en} = L_{en}(0,8-0,75)$, мг/л [1, п. 6.116]. С такой концентрацией сточные воды поступают на сооружения биологической очистки.

9.4. Преаэраторы

На станциях большой производительности, при необходимости увеличения эффекта осветления сточной жидкости в горизонтальных и радиальных отстойниках, а также снижения БПК сточных вод, поступающих на биологическую очистку, проектируются преаэраторы, представляющие собой небольшие аэротенки [15]. В эти сооружения сточные воды поступают на осветление с активным илом, подаваемым из вторичных отстойников, перемешиваются с воздухом. Преаэраторы проектируются парами как отдельно стоящие (рис. 64) или сблокированными с первичными горизонтальными отстойниками на 4, 6 и 8 отделений шириной по 9 м (рис. 65).

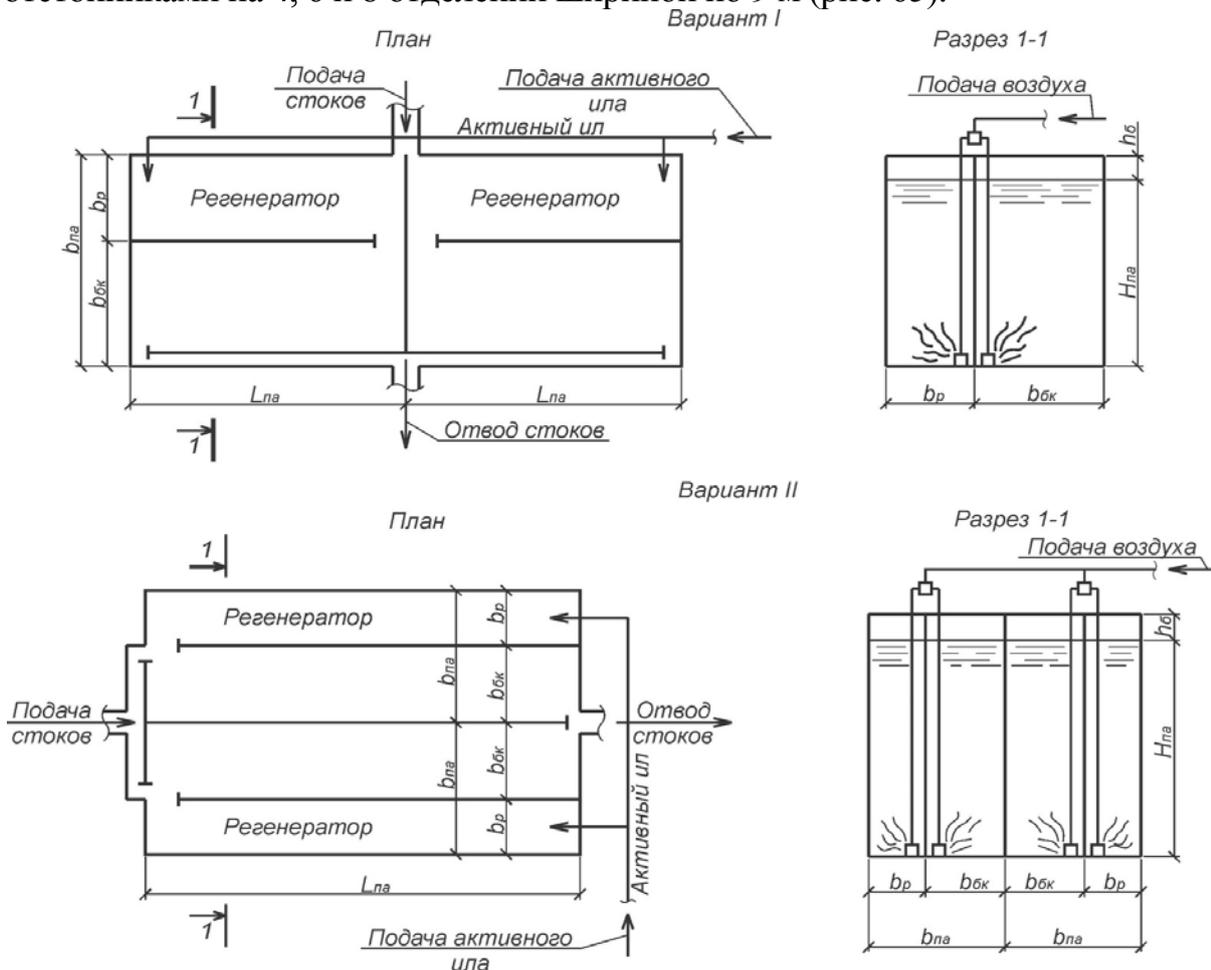


Рис.64. Расчетные схемы отдельно стоящих преаэраторов

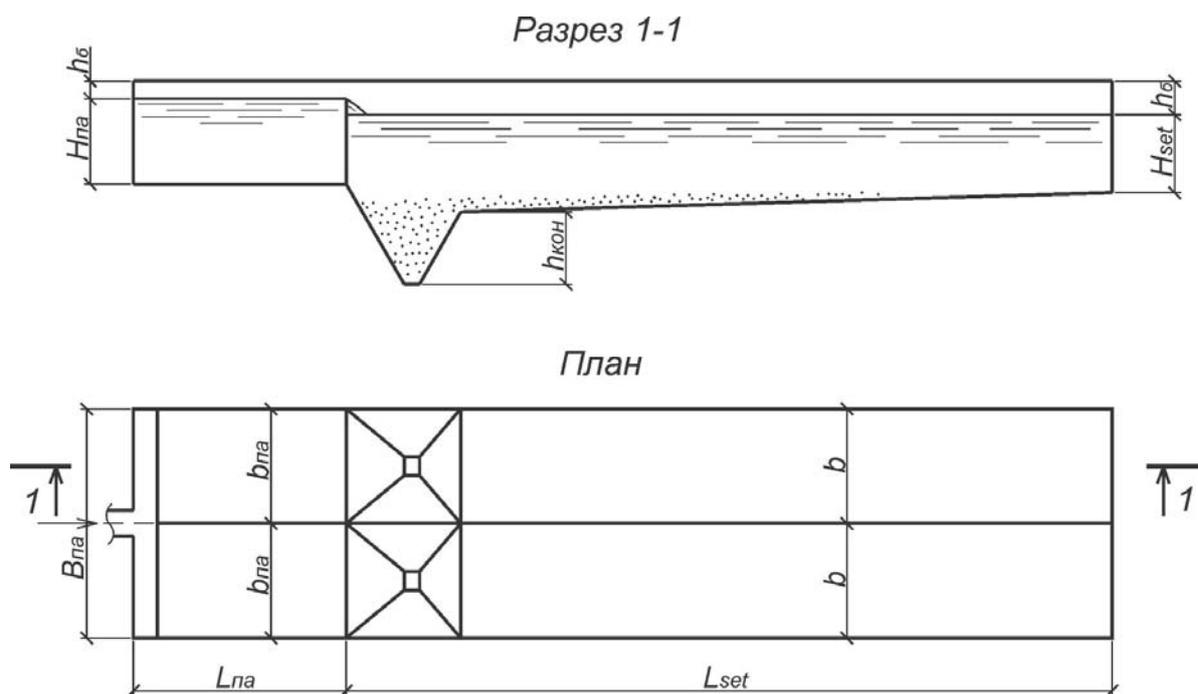


Рис.65. Расчетная схема блока преаэратор – отстойник

Расчет

1. Объем преаэратора, м³:

$$W = \frac{q_{\omega}}{60} \cdot t,$$

где t – продолжительность аэрации, определяемая по [1, п. 6.116], принимается 20 мин.

2. Площадь преаэраторов в плане, м²:

$$F = \frac{W}{H_{\text{п.а}}},$$

где $H_{\text{п.а}}$ – рабочая глубина преаэратора, м, принимаемая равной глубине проточной части отстойника (для заблокированных) и глубине аэротенка – 3, 4, 5 м (для отдельно стоящих).

3. Длина отдельно стоящего преаэратора, м:

$$L_{\text{п.а}} = \frac{F}{b_{\text{п.а}} \cdot n},$$

где $b_{\text{п.а}}$ – ширина секции преаэратора, м (принимается 6 или 9 м);

n – количество секций преаэраторов, шт. (принимается не менее 2-х).

Длина должна быть кратна 3,0 м.

4. Часть общего объема преаэраторов, которая должна составлять 25÷30 % общего объема сооружения, выделяется под регенерацию активного ила [1, п. 6.116, прим. 1]. Обычно ширина регенератора b_p составляет

1/3 ширины секции. В регенератор подается 50÷100 % избыточного активного ила или 100 % биопленки [1, п. 6.116].

В преаэраторе не выделяется объем под регенерацию в случае, когда в сооружение подается ил, регенерируемый в аэротенках или отдельно стоящих регенераторах.

5. Строительная высота, м:

$$H_{\text{стр}} = H_{\text{п.а}} + h_{\text{б}},$$

где $h_{\text{б}}$ – высота борта, равная 0,5 м.

6. Количество воздуха для аэрации, рассчитывается, как и в подразд. 9.3, м³/ч:

$$q_{\text{air}} = q_{\omega} \cdot q_0,$$

где q_0 – удельный расход воздуха, м³/м³, принимается по [1, п. 6.116] и равен 5 м³/м³.

q_{ω} – расчетный расход сточных вод, м³/ч.

Основные параметры типовых блоков преаэраторов – отстойников приведены в табл. 49.

Т а б л и ц а 49

Типоразмеры блоков преаэраторов – отстойников

Номер типового проекта	Производительность очистной станции, тыс. м ³ /сут	Число отделений n , шт.	Ширина отделения $b_{\text{п.а}}$, м	Длина преаэратора $L_{\text{п.а}}$, м	Длина отстойника, L_{set} , м	Глубина зоны отстаивания H_{set} , м
902-2-427.86	35,0	4	9	9	30	3,22
	50,0	6	9	9	30	3,22
	70,0	8	9	9	30	3,22

П р и м е ч а н и е. Осадок из отстойника удаляется насосами.

7. При проектировании преаэраторов учитывается увеличение эффективности задержания загрязняющих веществ (по БПК_{полн} – L_{en} и взвешенным веществам – C_{en}) в первичных отстойниках на 20÷25 %.

Обширные исследования, проведенные кафедрой водоотведения МГСУ в области изучения закономерностей процессов седиментации и гидродинамических условий ее реализации, позволили разработать и оптимизировать технологию первичного осветления сточных вод с использованием избыточного ила как биофлокулянта, которая обеспечивает повышение содержания оседающих веществ в любой сточной воде до 85÷90% и снижение БПК в осветленной воде на 40÷50%. Возможная конструктивная схема реализации этой технологии в радиальном первичном отстойнике приведена на рис. 66 [21].

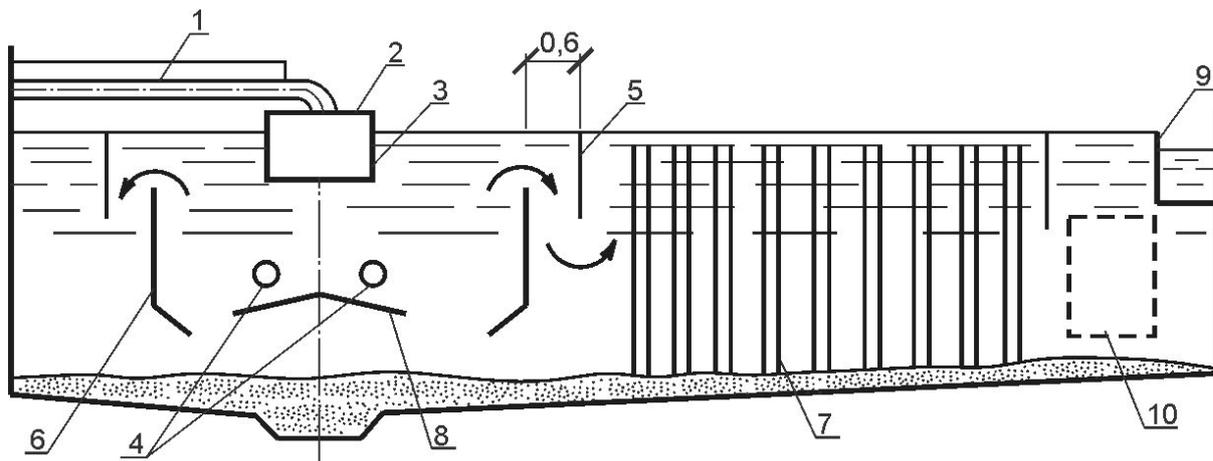


Рис. 66. Схема радиального отстойника с камерой биофлокуляции:
 1 – подвод сточной воды и активного ила; 2 – распределительная камера;
 3 – зона биофлокуляции; 4 – дырчатые аэраторы; 5 – полупогружная
 перегородка, 6 – затопленные перегородки; 7 – низкоградиентная мешалка;
 8 – защитный зонтик; 9 – сборный водослив;
 10 – тонкослойные блоки перекрестной схемы

Размещенная в центральной части радиального отстойника зона биофлокуляции позволяет обеспечить при 20-минутном пребывании сточной воды эффективный контакт между частицами мелкодисперсной взвеси и активного ила.

Имеющийся гидродинамический потенциал входящего потока в трубе 1 (см. рис. 66) дополняется устройством аэратора в виде дырчатых труб 4, что в совокупности обеспечивает в зоне биофлокуляции необходимый градиент скорости перемешивания $50 \div 60 \text{ с}^{-1}$.

Из зоны биофлокуляции сточная вода проходит под перегородкой зоны воздухоотделения, где отделяются прилипшие пузырьки воздуха, способные в дальнейшем ухудшить условия седиментации.

В зоне осветления отстойника процесс седиментации стимулируется низкоградиентным перемешиванием, которое при $G=1 \div 2 \text{ с}^{-1}$ обеспечивает оптимальные условия для осаждения взвешенных веществ и уплотнения образующегося осадка. Расположенные на периферии отстойника тонкослойные блоки перекрестной схемы осаждают осветляющую воду на завершающей стадии, перед ее поступлением в сборный лоток.

Многолетняя эксплуатация первичного отстойника, модифицированного по данной технологической схеме, показала его высокую эффективность как по задержанию взвешенных веществ ($60 \div 80 \%$), так и по снижению БПК₂₀ в осветленной воде (на $40 \div 70 \%$) по сравнению с исходной. Однако тонкослойные блоки весьма материалоемки.

Контрольные вопросы

1. На сколько процентов снижается концентрация взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах, в первичных отстойниках, получивших широкое распространение?
2. Методы интенсификации работы отстойников и илоуплотнителей.
3. При какой концентрации взвешенных веществ проектируются сооружения для интенсификации осветления сточных вод?
4. Какие сооружения проектируются для интенсификации осветления сточных вод?
5. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются осветлители с естественной аэрацией?
6. Конструкция осветлителей с естественной аэрацией.
7. Период пребывания сточных вод в камере флокуляции.
8. Эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам в осветлителях с естественной аэрацией.
9. Эффект осветления сточных вод по БПК₂₀ в осветлителях с естественной аэрацией по СНиП 2.04.03–85.
10. Скорость движения сточных вод в зоне отстаивания в осветлителях с естественной аэрацией.
11. Скорость движения сточных вод в центральной трубе осветлителя с естественной аэрацией.
12. Назовите типовые диаметры осветлителей.
13. Каковы влажность и удельный вес сырого осадка в осветлителях?
14. Время накопления сырого осадка в осветлителях.
15. Высота нейтрального слоя в осветлителе.
16. Компоновочная схема осветлителей с естественной аэрацией.
17. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются осветлители-перегниватели?
18. Конструкция осветлителя-перегнивателя.
19. Схема компоновки осветлителя-перегнивателя.
20. Типовые диаметры осветлителей-перегнивателей.
21. Какие виды осадков направляются в перегниватель и какие процессы происходят в нем?
22. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются биокоагуляторы?
23. Конструкция биокоагулятора.
24. С какими сооружениями биологической очистки биокоагуляторы применяются на очистных сооружениях?
25. Подается ли в биокоагуляторы воздух?
26. Какое количество избыточного активного ила (в %) подается в биокоагуляторы?

27. Какое количество биопленки (в %) подается в биокоагуляторы?
28. Какое принимается время аэрации сточных вод в камере биокоагуляции по СНиП 2.04.03–85?
29. Время отстаивания сточных вод в биокоагуляторе.
30. Скорость движения сточных вод в зоне отстаивания биокоагулятора.
31. Удельный расход воздуха, подаваемого в биокоагулятор, принимаемый по СНиП 2.04.03–85.
32. Насколько снижается БПК₂₀ осветленных сточных вод после биокоагуляторов?
33. Каков эффект осветления сточных вод в биокоагуляторах?
34. Как определяется приведённое количество жителей по БПК₂₀?
35. Компоновка биокоагуляторов.
36. При какой производительности канализационных очистных сооружений проектируются преаэраторы?
37. Конструкция преаэраторов.
38. Что подается в преаэраторы кроме очищаемых сточных вод?
39. Как проектируются преаэраторы на генплане канализационных очистных сооружений?
40. Какова продолжительность аэрации сточных вод в преаэраторах?
41. Назовите рабочую глубину преаэратора, сблокированного с первичным горизонтальным отстойником и отдельно стоящего.
42. Какое количество избыточного активного ила в процентах подается в преаэратор?
43. Изобразите расчетную схему блока преаэратор-отстойник.
44. Какова ширина секции преаэратора?
45. Какова длина отдельно стоящего преаэратора?
46. Сколько процентов от общего объема преаэратора выделяется под регенерацию активного ила?
47. Назовите величину удельного расхода воздуха, подаваемого в преаэратор.
48. Какое количество биопленки в процентах подается в преаэратор?
49. В каких случаях в преаэраторах не выделяется объем под регенерацию активного ила?
50. Назовите максимальное количество проектируемых преаэраторов.
51. На сколько процентов снижается концентрация взвешенных веществ и органических загрязнений в преаэраторах?
52. Конструкция и принцип работы радиального отстойника с камерой биофлокуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В постановлениях по охране природы и улучшению использования природных ресурсов указывается, что проблема охраны окружающей среды и водных объектов от загрязнения сточными водами городов и промышленных предприятий требует комплексного решения, связанного с разработкой технологии очистки воды и обработки осадков, образующихся при очистке сточных вод [13, 33, 34, 35].

В этой связи проектирование, расчет и совершенствование конструкций сооружений механической очистки сточных вод представляют не только теоретический интерес, но и в условиях широкого строительства очистных станций имеют важное природоохранное значение. Качественная очистка сточных вод на сооружениях биологической очистки полностью зависит от работы запроектированных и грамотно эксплуатируемых сооружений механической очистки.

В настоящее время проектирование сооружений механической очистки сточных вод на вновь строящихся и реконструируемых канализационных очистных сооружениях должно ориентироваться на использование современных мелкопрозорных решеток с шириной прозоров 3–6 мм [23] и отказ от решеток с прозором 16 мм и более. Это позволит эффективно удалять крупноразмерные загрязнения из сточных вод, а также осуществлять нормальную эксплуатацию песколовок, рассчитанных на удержание самых мелких фракций песка (0,07–0,1 мм), и как следствие, обеспечит оптимальные условия удаления осадка из первичных отстойников и метантенков, а также повысит качество очистки сточных вод [21].

При проектировании первичных канализационных отстойников необходимо применять такие конструкции сооружений, которые обеспечивали бы максимальный возможный эффект осветления сточных вод по взвешенным веществам, а также использовать различные методы интенсификации процессов отстаивания сточных вод в отстойниках.

Учебное пособие знакомит студентов с методиками расчета сооружений механической очистки сточных вод, с рекомендациями по их проектированию, с основными расчетными параметрами сооружений, их конструкциями и компоновочными схемами. В учебном пособии приведены рекомендации по выбору типа конструкции сооружений механической очистки в зависимости от эффекта очистки сточных вод, производительности очистных сооружений, местных условий – вида грунтов, высоты залегания грунтовых вод, климатических условий.

Целью издания учебного пособия является оказание помощи обучающимся по направлениям 08.03.01 и 08.04.01, которые могут использовать его при изучении теоретического материала и выполнении курсовых проектов и работ, бакалаврских квалификационных работ и магистерских диссертаций. Пособие также будет полезно специалистам природоохран-ных организаций, занимающимся проектированием, строительством, наладкой, эксплуатацией и мониторингом очистных сооружений канализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.: ГУП ЦПП, 2002.
2. Яковлев, С.В. Канализация [Текст] / С.В. Яковлев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1987.
3. Яковлев, С.В. Канализация [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.М. Ласков. – М.: Стройиздат, 1987.
4. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий [Текст] / под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981.
5. Перечень действующих типовых проектов и чертежей типовых конструкций и деталей водопроводных и канализационных сооружений [Текст]. – М.: Госстрой СССР, СантехНИИпроект, 1990.
6. Лукиных, А.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского [Текст] / А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: И.Д. «БАСТЕТ», 2011.
7. Водоснабжение и сантехника [Текст]. – М.: Стройиздат, 1976.
8. Общесоюзный каталог типовых проектов и типовых проектных решений санитарно-технических систем и сооружений. Сборник каталожных листов 2.902-86. Канализация. Т. 3 [Текст]. – Минск: Госстрой СССР, ЦИТП, 1987.
9. Алымов, В.А. Проектирование очистных сооружений городской канализации [Текст]: методические указания / В.А. Алымов. – Пенза: ПИСИ, 1983.
10. Калицун, В.И. Водоотводящие системы и сооружения [Текст] / В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1987.
11. Курганов, А.М. Справочник. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров. – Л.: Стройиздат, 1986.
12. Ласков, Ю.М. Примеры расчетов канализационных сооружений [Текст] / Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1987.
13. Ливчак, И.Ф. Охрана окружающей среды [Текст] / И.Ф. Ливчак, Ю.В. Воронов. – М.: Стройиздат, 1988.
14. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1996.
15. Лапицкая, М.П. Очистка сточных вод (примеры расчетов) [Текст] / М.П. Лапицкая [и др.]. – Минск: Высшая школа, 2007.
16. Каталог типовой проектной документации для строительства зданий и сооружений канализации [Текст]: сборник каталожных листов 2.902-91. Т. 2. Комплектно-блочные канализационные насосные станции. Насосные

станции для перекачки производственных сточных вод. Сооружения механической очистки. – М.: ЦИТП, 1991.

17. Апельцина, Е.И. Технические записки по проблемам воды [Текст]: пер. с англ. / Е.И. Апельцина, А.А. Виницкая, Т.А. Карюхина; под ред. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. – М.: Стройиздат, 1983. – Т. 1.

18. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод [Текст]. – М.: Стройиздат, 1990.

19. Перечень действующих типовых проектов и чертежей типовых конструкций и деталей водопроводных и канализационных сооружений. БЗ-97 [Текст] / Минстрой России. – М.: СантехНИИпроект, 1997.

20. СП32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 [Текст] / Минрегион России. – М.: ФАУ «ФЦС», 2011.

21. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2006.

22. Демура, М.В. Проектирование тонкослойных отстойников [Текст] / М.В. Демура. – Киев: Будівельник, 1981.

23. Саломеев, В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений водоотведения [Текст] / В.П. Саломеев. – М.: АСВ, 2009.

24. Водный кодекс Российской Федерации [Текст]. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007.

25. Зацепина, М.В. Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений [Текст] / М.В. Зацепина, Л.Г. Дерюшев. – М.: Издательский Дом «БАСТЕТ», 2011.

26. Воронов, Ю.В. Водоотведение [Текст] / Ю.В. Воронов [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2012.

27. Василенко, А.А. Водоотведение. Курсовое проектирование [Текст] / А.А. Василенко – Киев: Высшая школа, 1988.

28. Швецов, В.Н. Развитие технологии очистки сточных вод и обработки осадков [Текст] / В.Н. Швецов, В.Г. Пономорев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – №2.

29. Мухин, В.А. Курьяновские очистные сооружения – стартовая площадка для новейших технологий [Текст] / В.А. Мухин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – №3.

30. Алексеев, В.И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий [Текст] / В.И. Алексеев, Т.Е. Винокуров, Е.А. Пугачев. – М.: АСВ, 2003.

31. Кичигин, В.И. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод [Текст] / В.И. Кичигин, Е.Д. Палагин. – Самара: Самарский ГАСУ, 2008.

32. Мухин, В.А. Реконструкция Курьяновских очистных сооружений в Москве [Текст] / В.А. Мухин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №12.

33. Побединская, Н.В. Правительство РФ приняло пакет нормативных документов Федерального закона №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [Текст] / Н.В. Побединская, Д.А. Данилович // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №10.

34. Храменков, С.В. Стратегия развития систем водоснабжения и канализации в Российской Федерации [Текст] / С.В. Храменков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №7.

35. Порядин, А.Ф. Водоснабжение и водоотведение в России [Текст] / А.Ф. Порядин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №3.

36. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. МДК 3–01.2001 [Текст]. – М.: Госстрой России, 2001.

37. Егоров, Н.Л. Влияние уменьшения длины подводящего участка лотка Вентури на погрешность измерения расхода жидкости [Текст] / Н.Л. Егоров, О.Д. Лойцкер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №6.

38. Егоров, Н.Л. Обеспечение достоверности измерения расхода воды в трубах большого диаметра и безнапорных каналах [Текст] / Н.Л. Егоров, О.Д. Лойцкер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №8.

39. Мешенгиссер, Ю.М. Расчет аэрационной системы песколовок [Текст] / Ю.М. Мешенгиссер [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №12.

40. Пахомов, А.Н. Модернизация первичного отстойника [Текст] / А.Н. Пахомов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – №10.

41. Серебряков, Д.В. Реконструкция типовых радиальных отстойников с применением скребковой системы Finnchain [Текст] / Д.В. Серебряков, П. Туомикоски // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – №7.

42. Карелин, Я.А. Очистка производственных сточных вод в аэротенках [Текст] / Я.А. Карелин, Д.Д. Жуков, В.Н. Журов, Б.Н. Репин. – М.: Стройиздат, 1973.

43. «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 26 декабря 2014 г. №1521. – Режим доступа: Система Гарант.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРИЕМНАЯ КАМЕРА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. РАСЧЕТ КАНАЛОВ	6
Контрольные вопросы	8
2. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДЕРЖАНИЯ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ.....	9
2.1. Решетки.....	25
2.2. Решетки-дробилки	31
Контрольные вопросы.....	36
3. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ ...	39
3.1. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением сточной жидкости	39
3.2. Песколовки горизонтальные с круговым движением воды	44
3.3. Аэрируемые песколовки	47
3.4. Тангенциальные песколовки	51
3.5. Вертикальные песколовки	57
Контрольные вопросы	59
4. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПЕСКА	61
4.1. Песковые площадки.....	61
4.2. Песковые бункеры	63
4.3. Сепараторы песка	65
Контрольные вопросы	68
5. ВОДОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЛОТКИ	70
Контрольные вопросы	72
6. СМЕСИТЕЛИ.....	73
Контрольные вопросы	74
7. ВЫПУСКИ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ.....	75
Контрольные вопросы	77
8. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОСВЕТЛЕНИЯ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ.....	78
8.1. Вертикальные отстойники	78
8.2. Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком и периферийным впускным устройством	86
8.3. Горизонтальные отстойники	90
8.4. Радиальные отстойники	94
8.5. Отстойники с встроенной камерой хлопьеобразования	102
8.6. Двухъярусные отстойники.....	108

8.7. Тонкослойные отстойники	112
Контрольные вопросы.....	124
9. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОСВЕТЛЕНИЯ	
СТОЧНЫХ ВОД	130
9.1. Осветлители с естественной аэрацией	132
9.2. Осветлители-перегниватели	136
9.3. Биокоагуляторы	138
9.4. Преаэраторы	144
Контрольные вопросы.....	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	150
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	152

Учебное издание

Исаева Антонина Михайловна
Кочергин Александр Сергеевич

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ**
Учебное пособие

Р е д а к т о р М.А. Сухова
В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 15.10.2012. Формат 60x84/16.
Бумага офсетная. Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 9,06. Уч.-изд.л. 9,75. Тираж 100 экз.
Заказ № 171.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.