

ГЛАВА 3. СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

3.1. Решетки.

Содержащиеся в сточных водах крупноразмерные (более 1 см) отбросы, являющиеся отходами хозяйственно-бытовой и производственной деятельности, представляют собой остатки пищи, упаковочные материалы, бумагу, тряпье, санитарно-гигиенические, полимерные и волокнистые материалы. В процессе транспортирования по водоотводящим сетям крупноразмерные отбросы адсорбируют содержащиеся в сточных водах органические соединения, жиры. Образующийся на поверхности отбросов адгезионный слой способствует налипанию на них значительного количества песка, шлаков и других минеральных частиц. Таким образом, формируются многокомпонентные крупноразмерные органо-минеральные составляющие отбросов, осредненная плотность которых близка к плотности воды, что облегчает последующий пронос песка через песколовки на крупноразмерных загрязнениях, проскакивающих через решетки.

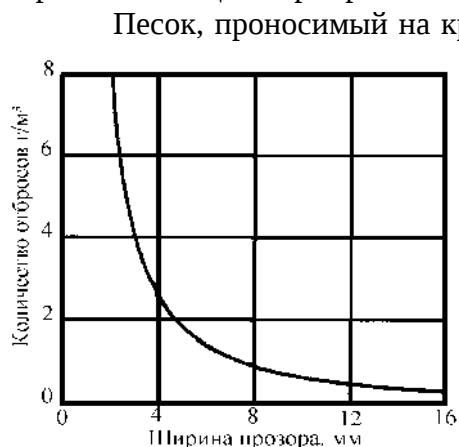


Рис. 3.1. Зависимость массы задержанных отбросов от ширины прозоров решетки

Песок, проносимый на крупноразмерных органических загрязнениях через песколовки, выпадает в осадок в первичных отстойниках, что затрудняет выгрузку осевшего осадка, его перекачку по илосводам и выгрузку сброженного осадка из метантенков. Кроме того, легкие плавающие отбросы, проходя через отстойники, осложняют работу сооружений доочистки или выносятся с очищенными водами в водоемы, что недопустимо. Таким образом, эффективное удаление крупноразмерных загрязнений из сточных вод при их прохождении через решетки позволит обеспечить нормальную эксплуатацию песколовков, первичных отстойников, метантенков и трубопроводов подачи осадков на метантенки, а также повысить качество очистки стоков.

Вместе с тем дать прямую количественную оценку концентрации крупноразмерных загрязнений в сточной воде весьма затруднительно, так как практически невозможно отобрать пробы сточной воды с содержанием круп-

ных отбросов, равных их средневзвешенной концентрации в общем, объеме сточных вод. Поэтому о содержании крупноразмерных загрязнений в сточных водах судят косвенным методом по количеству отбросов, задержанных на решетках с различной шириной прозоров (рис. 3.1).

Количество вносимых в сточную воду от 1 жителя крупноразмерных загрязнений, по данным, МГП «Мосводоканал», составляет порядка 20 г/чел сут.

Решетки являются первым элементом всех технологических схем очистки сточных вод. Они устанавливаются в уширенных каналах перед песколовками. О классификации решеток в зависимости от их конструктивного решения можно судить по данным, приведенным в табл. 3.1.

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. 3.1 приведена схема зарубежной решетки с тонкими стержнями из нержавеющей стали.

Таблица 3.1

Характеристика решеток и сит

Параметр	Тип решетки (сита)*						
	МГ	РМН	RS-16	RS-35	РГД	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",
 РГД - решетка дуговая гидравлическая,
 РСФ-01 - решетка ступенчатая механическая,
 СЗС - плоское щелевое сито

Клиновидное сечение стержней имеет размеры 4x10 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 выпускаются с шириной прозоров от 1 до 50 мм и рабочей шириной от 338 до 1200 мм.

Размер решеток определяется из условия обеспечения в прозорах скорости движения сточной воды $V_p = 0,8 - 1,0$ м/с при максимальном притоке на очистные сооружения. При скорости более 1,0 м/с уловленные загрязнения продавливаются через решетки. При скорости менее 0,8 м/с в уширенной части канала перед решеткой начинают выпадать в осадок крупные фракции песка и возникает необходимость их удаления.

Для решеток с прозорами шириной b , м, справедливо соотношение:

$$q = \omega \cdot V_p = b \cdot h \cdot n \cdot V_p, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.1)$$

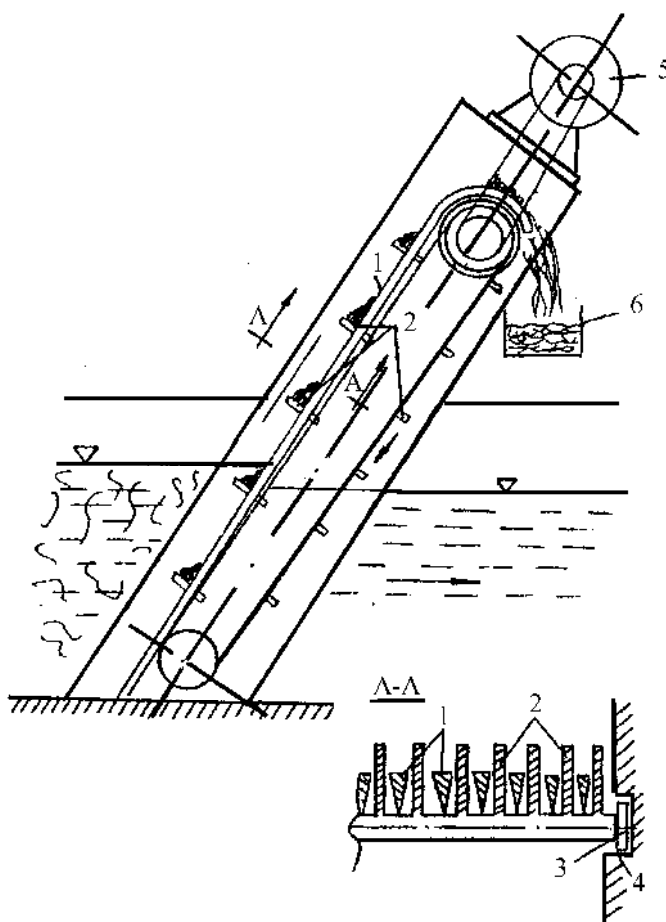


Рис. 3.2. Схема решетки фирмы «Джоунс энд Атвуд» (Великобритания):

1 - профиль стержней; 2 - грабли; 3 - опора грабель; 4 - направляющая опоры грабель; 5 - двигатель; 6 - транспортер

где q - максимальный расход сточных вод; ω - площадь живого сечения прозоров всей решетки, м^2 ; h - глубина воды перед решеткой, м ; n - число прозоров.

Количество прозоров в решетках, необходимых для пропуска поступающих сточных вод, составит:

$$n = q \cdot K_{cm} / b \cdot h \cdot Vp, \quad (3.1)$$

где $K_{cm} = 1,05 - 1,1$ - коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями.

Общая ширина решеток равна:

$$B = S(n-1) + b \cdot n, \text{ м} \quad (3.2)$$

где S - толщина стержней.

Исходя из общей ширины решеток, подбирают необходимое количество рабочих решеток (табл. 11.1). Дополнительно устанавливают 1-2 резервные решетки и предусматривают устройство обводной линии для пропуска воды в случае аварийного засора решеток. Решетки размещают в отдельном отапливаемом помещении ($t_{расч.} = 16^\circ\text{C}$) с кратностью обмена воздуха 5. Между решетками для их обслуживания предусматривают проходы не менее 1,2 м. Пол здания располагают не менее чем на 0,5 м выше расчетного уровня воды в канале.

Низкая технологическая эффективность ранее широко распространенных решеток МГ вызвала необходимость организации на предприятиях МГП «Мосводоканала» собственного производства решеток типа РМН (рис. 3.3, прозоры 6 мм) с постепенной их установкой вместо решеток МГ, как всех станциях аэрации предприятия. В результате замены решеток объемы задержанных загрязнений увеличились в 5-6 раз. Однако внедрение решеток типа РМН

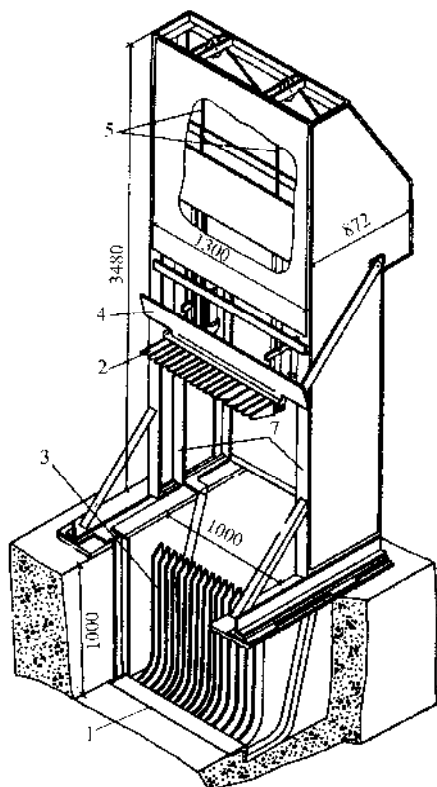


Рис. 3.3. Решетки с прозорами 6мм (продольный разрез):

1 - подводящий канал; 2 - грабли; 3 - стержни решетки; 4 - сбрасыватель; 5 - канат

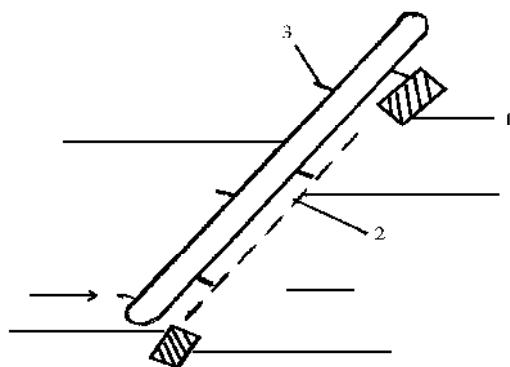


Рис. 3.4. Механизированные щелевидные сита

не позволило полностью выделить из сточных вод все грубодисперсные примеси.

Работа по совершенствованию существующих технологических схем очистки была продолжена по двум основным направлениям:

- разработка и внедрение сит для фильтрации очищенных сточных вод, в частности, направляемых на доочистку на фильтрах;
- внедрение процеживающего оборудования.

Процеживание очищенной сточной воды осуществлялось с помощью единственного выпускавшегося промышленностью аппарата для процеживания - барабанных сеток БСБЗх4,6, установленных перед фильтрами доочистки. Несмотря на проведенные усовершенствования, барабанные сетки обладали серьезными недостатками, к основным из которых можно отнести: невозможность выделения задерживаемых примесей, удаляемых с промывной водой, невысокая производительность, коррозия конструкций. Данный агрегат (рис. 3.4), 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 2-х пластинчатых бесконечных цепях, приводимых в движение мотор-редуктором. Задержанный на сетке мусор непрерывно снимается скребками и сбрасывается в сборный контейнер.

Результаты применения механизированных щелевидных сит показали, что производительность плоского щелевого сита ($333 \text{ тыс.м}^3/\text{сут}$) в три раза превосходит производительность барабанной сетки ($110 \text{ тыс.м}^3/\text{сут}$), а при работе на свободный излив (без подпора со стороны фильтров) производительность сита может быть более $400 \text{ тыс.м}^3/\text{сут}$, и потери напора на плоском сите значительно меньше, чем на барабанной сетке. Регенерация плоской сетки скребками происходит удовлетворительно: как тыльная сторона сетки, так и оставались чистыми, засорений и

обрастания перемычек волокнистыми материалами не происходило. В таблице 3.2 приведены основные характеристики щелевидных сит.

В последние годы получили распространение самоочищающиеся решетки ступенчатого принципа действия типа «РОТОСКРИН» (рис. 3.5), широко применяемые в зарубежной практике и на некоторых очистных сооружениях в России для процеживания как сточных вод, так и осадков. Процеживающая часть этих решеток состоит из двух чередующихся пакетов из параллельных пластин - стационарного и подвижного. Движение, совершаемое подвижными пластинами, приводит к тому, что они поднимают собранные продукты фильтрации на одну ступень вверх. В результате последовательных движений уловленные примеси поднимаются до точки выгрузки и попадают на транспортёр.

Таблица 3.2

Характеристика щелевого сита

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение
Производительность сита:		
- средняя	тыс. м ³ /сут.	333
- максимальная		420
Потери напора:		
- средние	мм	36
- максимальные		92
- минимальные		20
Удельное шламосодержание (по сухому веществу):		
- среднее	г/м ³	0,036
- максимальное	"	0,079
- минимальное	"	0,015
Средняя влажность шлама	%	65,6
Средняя зольность шлама	%	4,6

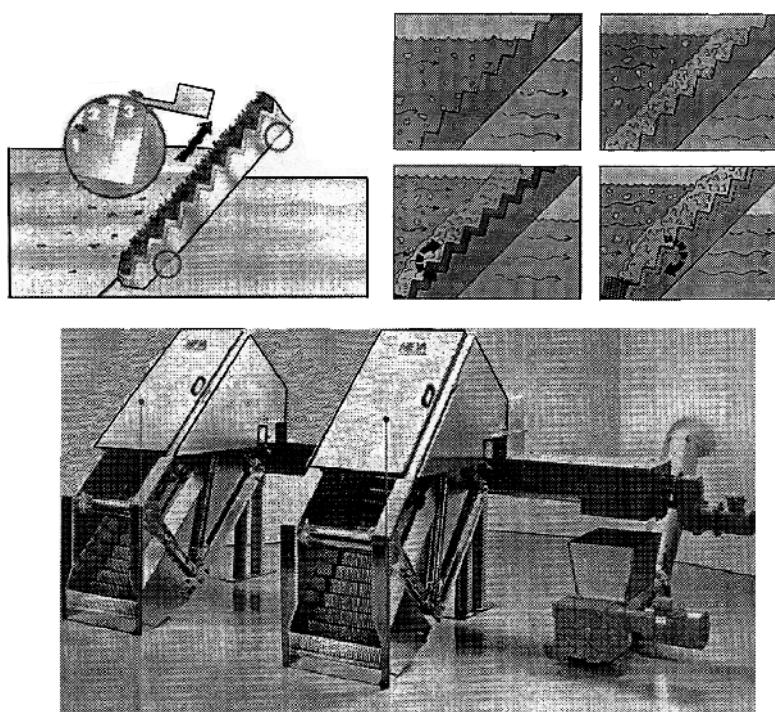


Рис. 3.5. Самоочищающаяся ступенчатая решетка «Ротоскрин»

В процессе эксплуатации решёток «Ротоскрин» были выявлены следующие недостатки конструкции механических решёток:

- недостаточная продольная и поперечная жёсткость фильтровальных пластин;
- непродолжительный ресурс работы подшипниковых узлов механизма;
- непродолжительный ресурс работы пластмассовых накладок.

На Ново-Люберецкой станции аэрации была установлена решетка для сточных вод RS-35 с прозорами 5 мм. В целом конструкция решетки показала себя достаточно надежной, однако в процессе эксплуатации были выявлены следующие недостатки:

- происходило образование «валка» из отходов;

- разделительные прокладки между фильтровальными пластинами имеют недостаточную надежность;
- в нижней части решетки происходит ускоренный износ движущихся частей;
- аварийное продавливание фильтровальных пластин крупноразмерными, массивными предметами.

Устранение вышеуказанных недостатков возможно как путем улучшения конструкций решеток, так и совершенствованием технологической схемы очистки (рис. 3.6). В приведенной схеме предполагается размещение перед основными мелкопрозорчатыми решетками решеток грубой очистки, исключающее аварийный проскок крупноразмерных массивных предметов. Располагающиеся вслед за ними песколовки предназначены для выделения из сточной воды только крупного песка, камней, щебня и гравия, перемещающихся в придонной части потока. Таким образом, введение дополнительных решеток и песколовков грубой очистки позволит создать наиболее благоприятные условия эксплуатации расположенных за ними мелкопрозорчатых решеток и песколовков, рассчитанных на удержание самых мелких фракций песка (0,07–0,1 мм), что, в свою очередь, обеспечит оптимальные условия удаления осадка из первичных отстойников и его перекачки в метантенки.

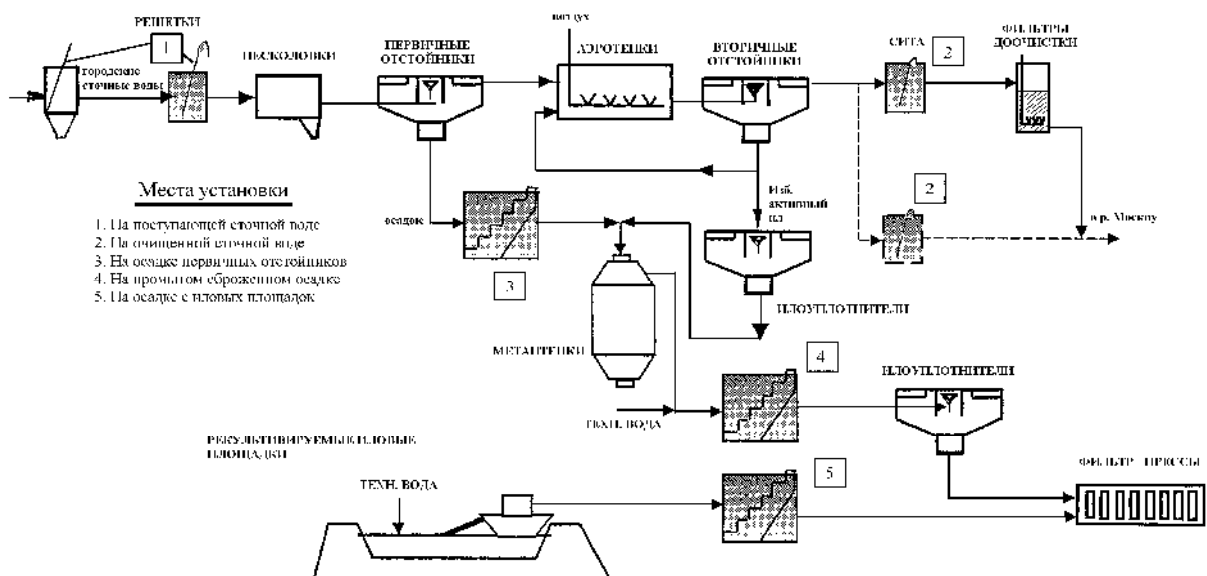


Рис. 3.6. Перспективная схема установки решеток и сит на станциях аэрации

3.2. Песколовки.

В сточных водах содержится значительное количество нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.). При совместном выделении минеральных и органических примесей в отстойниках затрудняется удаление осадка и уменьшается его текучесть. При этом могут происходить разделение осадка на тяжелую (песок с большой плотностью) и легкую (органическую с небольшим удельным весом) части и накопление песка в отстойниках. Для удаления такого осадка требуются усиленные скребки. Осадок, содержащий песок, плохо транспортируется по трубопроводам, особенно самотечным. Песок накапливается и в метантенках, выводя из работы полезные объемы, предназначенные для сбраживания органических осадков. Производительность метантенков снижается, а выгрузка песка из них сопряжена с большими трудностями. Возможны затруднения в работе и последующих сооружений в случае попадания в них песка. Поэтому в составе очистных сооружений за решетками проектируются специальные сооружения, называемые песколовками. Они предназначены для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.). Выделение песка в них происходит под действием силы тяжести.

По направлению движения воды песколовки подразделяются на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости; последние на тангенциальные и аэриру-

емые.

Горизонтальные песколовки представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением (рис. 3.7). Другими важнейшими элементами песколовки являются: входная часть песколовки, представляющая собой канал, ширина которого равна ширине самой песколовки; выходная часть, представляющая собой канал, ширина которого сужена от ширины песколовки до ширины отводящего канала; бункер для сбора осадка, обычно располагаемый в начале песколовки под днищем. Возможно устройство бункера и над песколовкой.

Песколовки имеют следующее оборудование: механизм для перемещения осадка в бункер, гидроэлеваторы и насосы для удаления осадка из песколовки и транспорта его к месту обезвоживания или другой обработки.

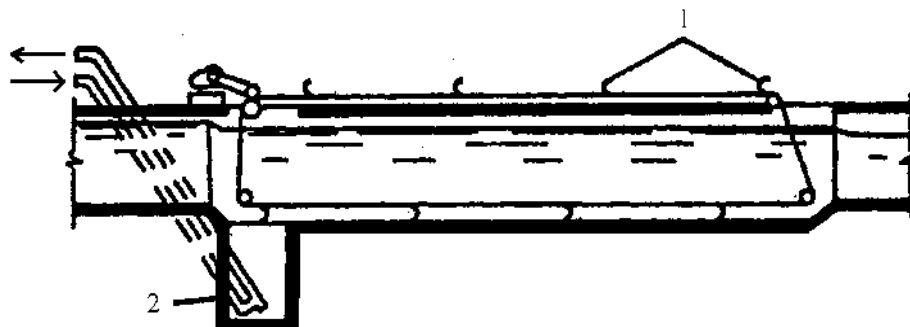


Рис. 3.7. Схема горизонтальной песколовки (продольный разрез):
1 - цепной скребковый механизм; 2 - гидроэлеватор

Механизмы применяются двух типов: цепные или тележечные. Цепные механизмы состоят из двух бесконечных цепей, расположенных по краям песколовки, с закрепленными на них скребками. У днища скребки перемещаются в сторону бункера, перемещая при этом осадок. Механизмы тележечного типа состоят из тележки, перемещаемой над песколовкой по двум рельсам или монорельсу вперед и назад, на которой подвешивается скребок. Механизмы для перемещения осадка сложны и ненадежны, так как эксплуатируются над водой во влажной среде.

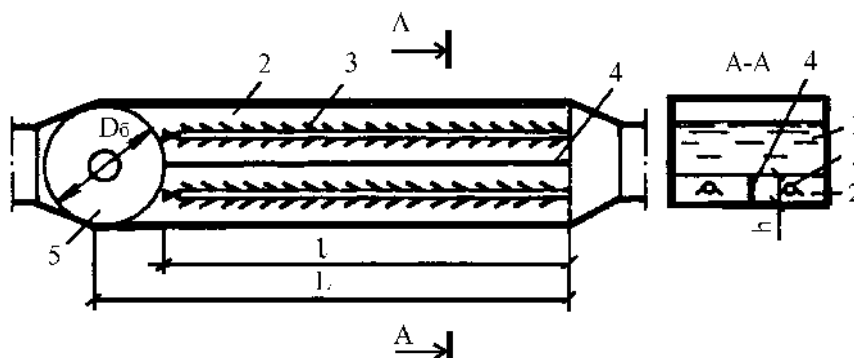


Рис. 3.8. Схема горизонтальной песколовки с гидромеханической системой удаления осадка:

1 - проточная часть песколовки; 2 - песочный лоток; 3 - смывной трубопровод; 4 - перегородка; 5 - песочный бункер

Осадок в бункеры может перемещаться с помощью гидромеханических систем. Они представляют собой уложенные по днищу в лотках смывные трубопроводы со sprысками, сориентированными в сторону бункеров для сбора осадка. В этом случае бункеры выполняются в виде круглых тангенциальных песколовки. Схема песколовки с гидромеханической системой представлена на рис. 3.8. При подаче воды в гидромеханическую систему и истечении воды из sprысков осадок у днища разжижается (псевдоожигается), а затем смывается в

сторону бункера. Взмучивание осадка не происходит, напротив, идет подсос к днищу верхних слоев осадка и последующий смыв их в бункер.

Стремление к упрощению выгрузки осадка из песколовок привело к созданию горизонтальной песколовки с круговым движением воды (рис. 3.9). Проточная часть песколовки в поперечном сечении имеет в верхней части прямоугольную форму, а в основании — треугольную со щелью внизу. Весь улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть, имеющую коническую форму. Для выгрузки осадка достаточно установки гидроэлеватора.

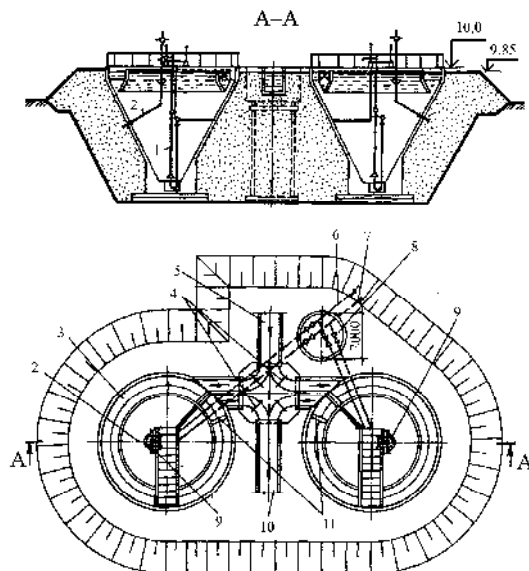


Рис. 3.9. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды:

1 - гидроэлеватор; 2 - трубопровод для отвода всплывающих примесей; 3 - желоб; 4 - затворы; 5 - подводящий лоток; 6 - пульпопровод; 7 - трубопровод рабочей жидкости; 8 - камера переключения; 9 - устройство для сбора всплывающих примесей; 10 - отводящий лоток; 11 - полупогружные щиты

Вертикальные песколовки успешно эксплуатируют на ряде очистных станций. На КСА построены вертикальные песколовки с вращательным движением жидкости (рис. 3.10). Они имеют цилиндрическую форму, а подвод воды — по касательной с двух сторон в основании. Конусная часть служит для сбора выпавшего осадка. Сбор и отвод воды осуществляют кольцевым лотком. При вертикальном движении воды вверх песок осаждается вниз. Следовательно, скорость восходящего потока жидкости должна быть меньше гидравлической крупности песчинок улавливаемого песка, т.е. $v < U_0$. Вертикальные песколовки удобны для накопления больших объемов осадка. Их целесообразно применять в полураздельных системах и на станциях очистки поверхностных вод.

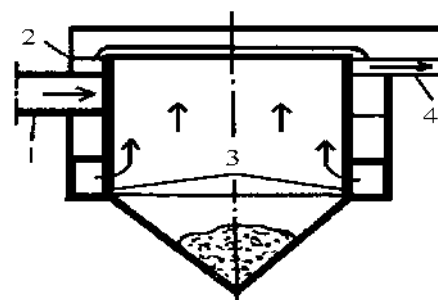


Рис. 3.10. Вертикальная песколовка с вращательным движением сточной воды:

1 - подводящий канал; 2 - сборный кольцевой лоток; 3 - ввод воды в рабочую зону; 4 - отводной канал

Тангенциальные песколовки имеют круглую форму в плане и касательный подвод воды к ним и обеспечивают в песколовках вращательное движение (на периферии вода движется вниз, а в центре — вверх). Оно способствует поддержанию в потоке органических примесей. При этом скорость вращательного движения невелика и не препятствует выпадению песка в осадок. На рис. 3.11 представлена тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой. В ней интенсифицируется вращательное движение жидкости, что способствует улавливанию

песка с минимальным содержанием органических включений.

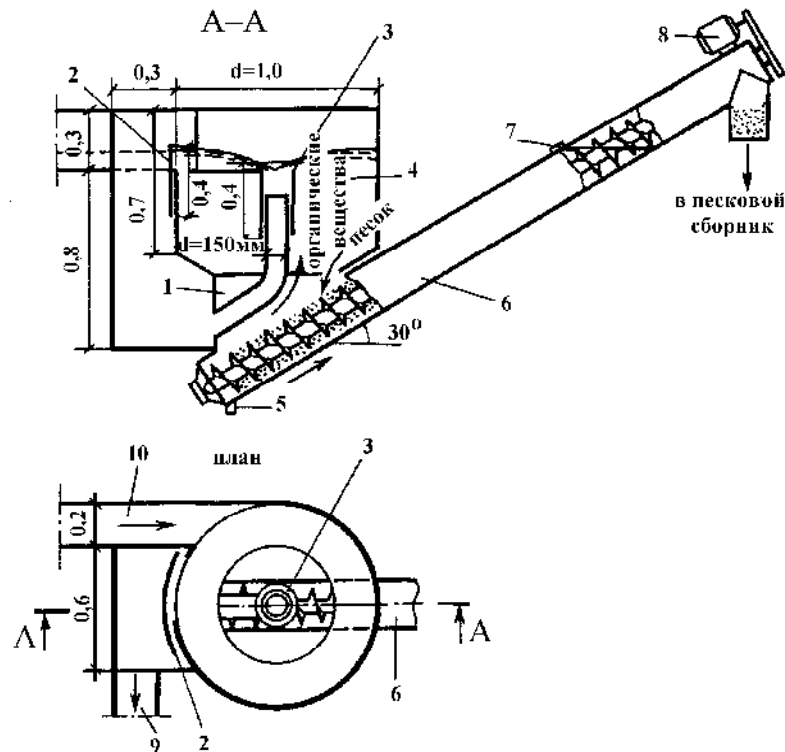


Рис. 3.11. Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой:

1 - осадочная часть; 2 - подвижный боковой водослив; 3 - телескопическая труба; 4 - рабочая часть; 5 - заглушка; 6 - шнек; 7 - отверстие для сбора органики; 8 - электропривод; 9 - отводящий лоток; 10 - подающий лоток

Аэрируемые песколовки имеют удлиненную форму в плане и прямоугольное, полигональное или близкое к эллиптическому поперечное сечение. На рис. 3.12 представлена аэрируемая песколовка с трапецеидальным поперечным сечением. Важнейшие элементы песколовок: входная и выходная части, бункер для сброса осадка и песковой лоток. Последний расположен вдоль одной из продольных стенок сооружения. Днище песколовки в поперечном сечении имеет уклон в сторону лотка. Вдоль одной из стенок на глубине $2/3$ от общей гидравлической глубины расположен аэратор, выполненный из дырчатых труб. Песколовка оборудована гидромеханической системой удаления осадка, которая представляет собой смывной трубопровод со sprays, уложенный по днищу пескового лотка. Для удаления осадка можно применять и скребковые механизмы.

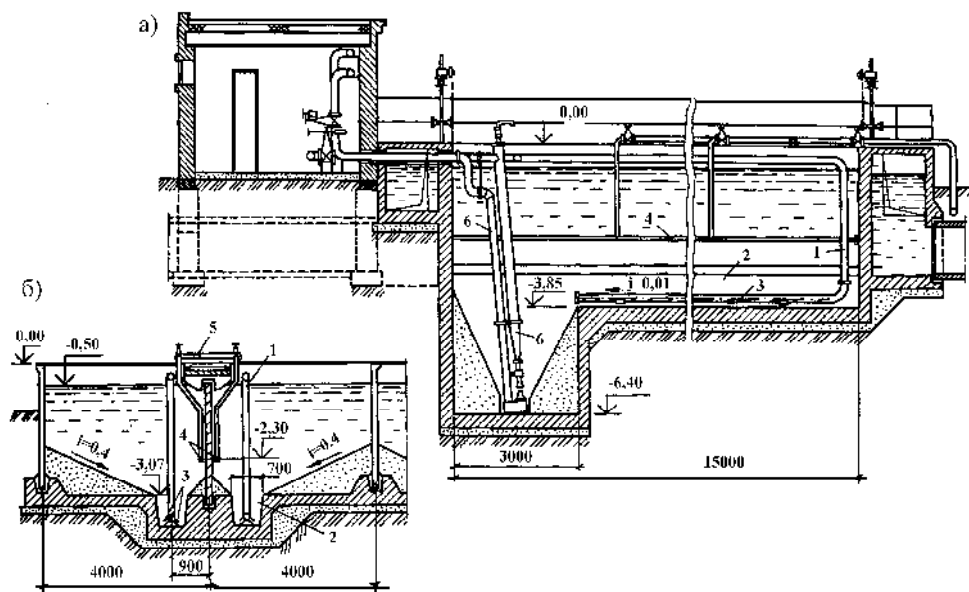


Рис. 3.12. Аэрируемая песколовка с гидромеханической системой удаления осадка:

а, б - продольный и поперечный разрез соответственно; 1 - трубопровод подачи промывной воды; 2 - песковой лоток; 3 - спрыски; 4 - аэратор; 5 - воздуховод; 6 – гидроэлеватор

Особенность аэрируемых песколовок заключается в том, что поток очищаемой воды непрерывно аэрируется. Благодаря расположению аэратора вдоль одной из стенок сооружения и над песковым лотком поток приобретает вращательное движение с перемещением его у дна от одной стенки к другой и к песковому лотку. Вращательное движение обеспечивает и концентрацию осадка в песковом лотке, расположенном с одной стороны сооружения. При интенсивности аэрации $3-5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ скорость движения воды на периферии потока равна около $0,3 \text{ м/с}$. Продольная скорость движения воды принимается равной $0,02-0,10 \text{ м/с}$. Суммирование поступательного и вращательного движений приводит к винтовому движению. Даже значительное изменение расхода и поступательной скорости приводит к весьма незначительному изменению максимальной скорости винтового движения, так как вращательная скорость практически не изменяется, значительно и всегда превышает скорость поступательного движения. Таким образом, в аэрируемых песколовках скорость движения воды остается практически постоянной при значительных изменениях расхода. Это в свою очередь обеспечивает поддержание в потоке во взвешенном состоянии органических включений.

Аэрируемые песколовки одновременно могут использоваться для улавливания всплывающих загрязнений (жиров, нефтепродуктов и др.). При этом целесообразно вдоль всей песколовки пристраивать специальное отделение для выделения и накопления на поверхности воды всплывающих загрязнений (рис. 3.13), которое отделяется от пескоулавливающего отделения полупогруженной решетчатой перегородкой. В этом отделении из практически спокойного потока эффективно отделяются всплывающие загрязнения, а всплывшие не удаляются на последующие сооружения. Для их удаления отделение оборудуется периодически затопляемым бункером и отводящим трубопроводом.

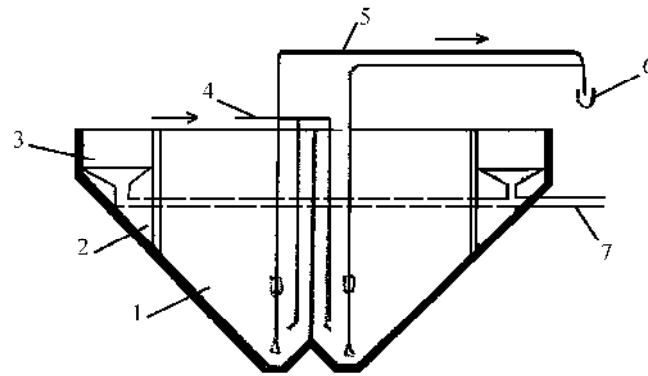


Рис. 3.13. Поперечный разрез аэрируемой песколовки с насосом для удаления осадка из пескового лотка:

1 - зона улавливания песка; 2 - щелевидная перегородка; 3 - зона улавливания жира и нефтепродуктов; 4 - подача воздуха; 5 - откачка песка насосом из пескового лотка; 6 - лоток отвода песковой пульпы; 7 - трубопровод отвода жира

По многолетним результатам эксплуатации считается, что для нормальной работы сооружений содержание песка в осадке первичных отстойников не должно превышать 3-6%. Для оценки работы песколовков важно содержание минеральной части в осадке песколовков, при анализе учитывался и этот показатель. Обобщенные данные анализа представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

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

Тип песко- ловков	Содержание песка в исходной сточной воде			Эффективность работы пес- коловков, %			Золь- ность осадка из песколо- вок, %
	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
Горизонталь- ные (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

Расчет горизонтальных и аэрируемых песколовков заключается в определении размеров их поперечного сечения и длины. Площадь живого сечения одного отделения песколовков составит:

$$F = q_{\max} / vn, \quad \text{м}^2 \quad (3.3)$$

где $q_{\max}$ - максимальный расход сточных вод, м³/с; v - продольная скорость движения воды, принимаемая в зависимости от расчетного диаметра улавливаемых частиц песка (табл. 4.7), м/с; n - количество отделений песколовков.

Длину песколовков определяют по формуле:

$$L = K \cdot h_{\max} \cdot v / u_0, \text{ м} \quad (3.4)$$

где $h_{\max}$ – максимальная глубина проточной части песколовки, м; u_0 – гидравлическая крупность песка расчетного диаметра, м/с; K – коэффициент, учитывающий влияние турбулентного потока.

Величина K определяется по формуле:

$$K = u_0 / (u_0^2 - \omega^2)^{0,5}, \quad (3.5)$$

где $\omega = 0,05 v$ – вертикальная турбулентная составляющая продольной скорости.

Расчет вертикальных и тангенциальных песколовков производится из условия задержания частиц с расчетной гидравлической крупностью $v < u_0$. Площадь зеркала песколовки в плане составит:

$$F_{\text{план}} = q_{\max} / u_0 n, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

где n – количество песколовков.

Высота цилиндрической части песколовки составит:

$$h_y = t \cdot v, \text{ м} \quad (3.7)$$

где $v = u_0$; $t = 120-180$ с – продолжительность пребывания воды в песколовке.

Таблица 3.4

Расчетные параметры песколовков

Диаметр частиц песка, мм	Гидравлическая крупность u_0 , мм	Продольная скорость движения воды в песколовках, м/с	
		горизонтальных	аэрируемых
0,05	2,0	0,1-0,15	0,02-0,05
0,10	5,9	0,1-0,15	0,02-0,05
0,15	13,2	0,15-0,2	0,05-0,1
0,20	18,7	0,15-0,2	0,05-0,1

В песколовках стенки песковых бункеров выполняют под углом 60° к горизонту для обеспечения сползания осадка при его откачке, которая осуществляется гидроэлеваторами (КПД = 0,15-0,2) или песковыми насосами (КПД = 0,7).

Бункеры для накопления осадка обычно располагаются в начале сооружений, где выпадает его наибольшее количество, а выгрузки осадка из сооружений осуществляется не реже 1 раза за 8-12 ч.. Для перемещения осадка к бункеру со всей длины сооружения могут применяться скребковые механизмы.

Перспективным методом перемещения осадка к бункерам является применение гидромеханических систем. Для смыва осадка достаточно его незначительного расширения. Для этого восходящая скорость потока по всей площади осадка (площади днища и лотка сооружения) должна составлять $v = 0,63$ см/с (при эквивалентном диаметре зерен песка в осадке $d_{\text{экв}} = 0,05$ см). Требуемый расход промывной воды должен быть равен

$$q_1 = vbl, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.8)$$

где b и l — ширина и длина пескового лотка, м.

Диаметр смывного трубопровода определяется по формуле

$$D_{\text{мп}} = \sqrt{4q_1 / \pi v_{\text{мп}}}, \text{ м} \quad (3.9)$$

где $v_{\text{мп}}$ – скорость промывной воды в начале смывного трубопровода, которую рекомендуется принимать равной 2,5-3,5 м/с.

Для обеспечения надежного смыва осадка со всей длины лотка напор в начале смывного трубопровода должен быть равен:

$$H_0 = 5,6h_0 + (5,4v_c^2 / 2g), \text{ м} \quad (3.10)$$

где h_0 — высота слоя осадка в песковом лотке, м; v_c — скорость в спрыске, 4-7 м/с.

Высоту слоя осадка определяют исходя из общего количества улавливаемого осадка за период между выгрузками его из песколовки. Высота пескового лотка с запасом должна равняться

$$h_1 = 1,5h_0, \text{ м} \quad (3.11)$$

Диаметр спрысков должен составлять

$$d_{mp} = \sqrt{4q_1 / \pi n \mu_p \sqrt{2gH_0}}, \text{ м} \quad (3.12)$$

где μ_p — коэффициент расхода спрыска, зависящий от его конструкции и ориентировочно равный 0,82; n — число спрысков на одном смывном трубопроводе, равное:

$$n = 2l_{mp} / z, \quad (3.13)$$

здесь l_{mp} — длина смывного трубопровода, равная длине пескового лотка; z — расстояние между спрысками, которое рекомендуется принимать равным 0,25-0,4 м.

Откачка осадка из бункеров производится гидроэлеваторами, насосами и реже эрлифтами. Предварительно осадок в бункерах взмучивается. Выгрузка осадка производится не реже 1 раз в сут. Обычно выгрузка производится 1 раз в смену (через 7-8 ч).

Выгружаемый из песколовки 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 водой (рис. 3.14).

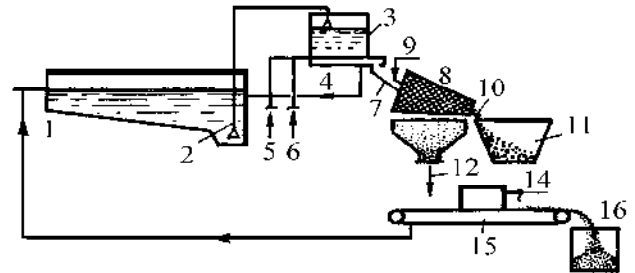


Рис. 3.14. Схема узла по обработке осадка из песколовки:

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

Для отмывки и обезвоживания песка применяются специальные бункеры, приспособленные для последующей погрузки песка в автотранспорт. Такие бункеры могут выполняться по типу тангенциальных песколовок. На практике чаще используют песковые площадки.

3.4. Отстойники.

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом выделения из сточных вод грубодиспергированных примесей с плотностью, отличной от плотности воды. Под действием силы тяжести частицы загрязнений оседают на дно сооружения или всплывают на его поверхность.

Относительная простота отстойных сооружений обуславливает их широкое применение на различных стадиях очистки сточной воды и обработки образующихся осадков. В зависимости от своего назначения и расположения в технологических схемах очистки сточных вод отстойные сооружения подразделяются на следующие: отстойники — первичные, вторичные и третичные (контактные резервуары); илоуплотнители; осадкоуплотнители.

Классификация отстойных сооружений по основным технологическим и конструктивным признакам приведена на рис. 3.15.

Первичные отстойники располагаются в технологической схеме очистки сточных вод непосредственно за песколовками и предназначены 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.

Взвешенные вещества, содержащиеся в городских сточных водах, имеющие преимущественно органическое происхождение, представляют собой полидисперсную агрегативно-неустойчивую систему с большим диапазоном изменения размеров частиц, обладающих хорошими адгезионными свойствами, что обуславливает их агломерацию при взаимных столкновениях в процессе осаждения (седиментации), что изменяет форму, размеры, плотность и скорость осаждения частиц полидисперсного состава.

В практике проектирования и эксплуатации первичных отстойников широкое распространение получило использование зависимостей эффекта осветления сточной воды от продолжительности ее отстаивания. Эффект осветления

$$\mathcal{E}_t = (C_{\text{in}} - C_t)100 / C_{\text{in}}. \% \quad (3.14)$$

где C_{in} – концентрация взвешенных веществ в неосветлённой сточной воде, мг/л;

C_t – концентрация взвешенных веществ в осветлённой сточной воде, мг/л;

Для описания кинетики эффективности осветления сточных вод широко используют эмпирическое уравнение вида

$$\mathcal{E}_t = (t_{\text{set}} / 120)^{a/t} \mathcal{E}_{120}, \% \quad (3.15)$$

где a — эмпирический коэффициент, зависящий от концентрации взвешенных веществ, их способности к агломерации и высоты слоя вод, в котором происходит осаждение;

$\mathcal{E}_{120}$ – относительное содержание оседающих веществ в сточной воде к общей массе взвешенных веществ;

$\mathcal{E}_{120} = (C_{\text{in}} - C_{120})100 / C_{\text{in}}$ (здесь C_{120} – остаточное содержание взвешенных веществ после 120 мин отстаивания в покое).

Для расчета отстойников используют понятие условной гидравлической крупности взвеси, соответствующей заданному эффекту осветления U_0 , мм/с, и определяемой из соотношения:

$$U_0 = h_{\text{set}} / t_{\text{set}}. \quad (3.16)$$

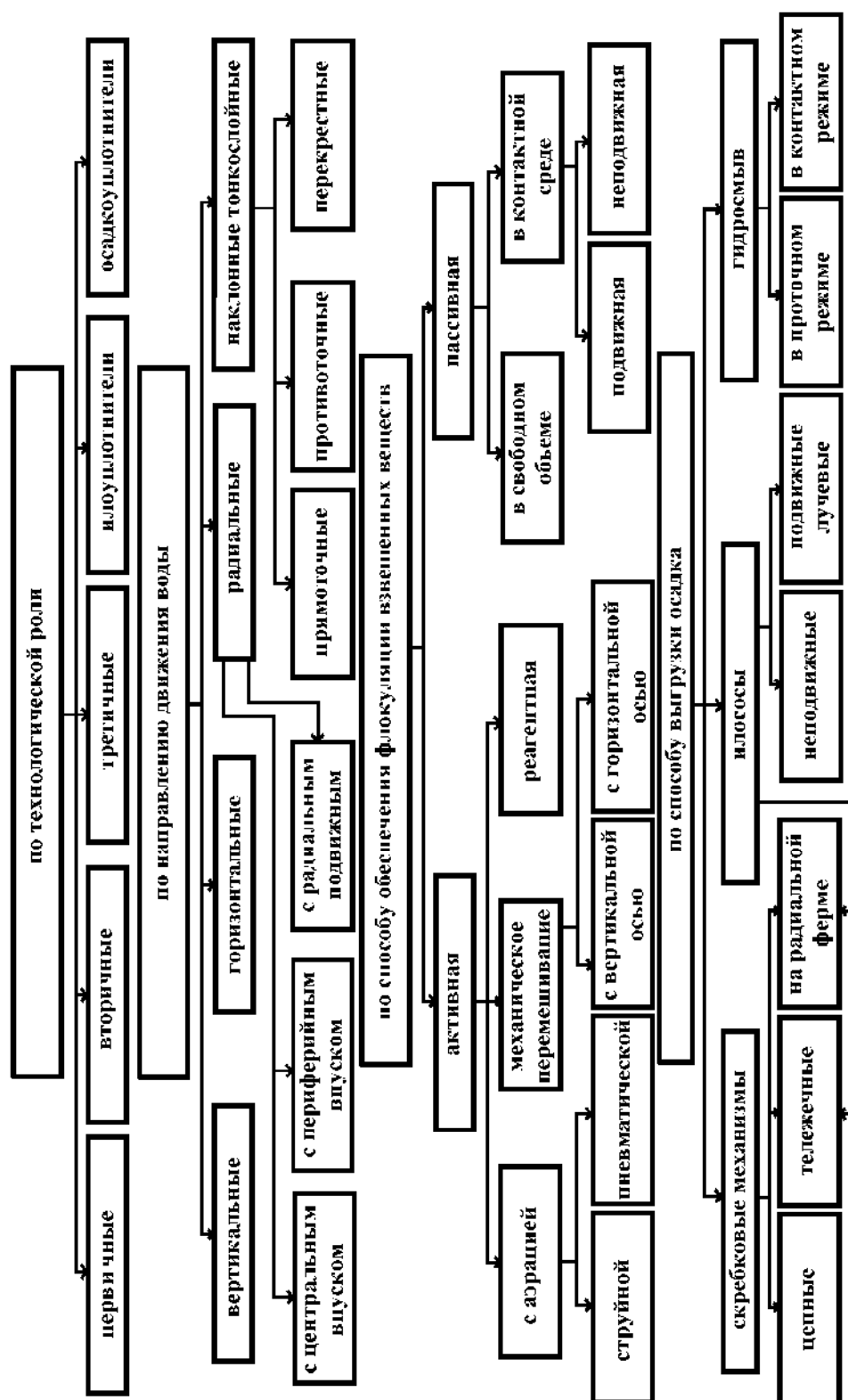


Рис. 3.15. Классификация отстойных сооружений

Для проектируемых отстойников условная гидравлическая крупность пересчитывается применительно к глубине отстаивания проектируемого отстойника:

$$U_0 = 1000 H_{set} / t_{set} (H_{set} / h_{set})^n. \quad (3.17)$$

Основным условием расчета первичных отстойников является обеспечение задержа-

ния в них взвешенных веществ, гидравлическая крупность которых не меньше расчетной условной гидравлической крупности. При расчете отстойников следует учитывать особенности гидродинамического режима движения в них воды, которые зависят от типа применяемого сооружения и определяются в основном условиями входа осветляемой воды в зону осветления, а также условиями сбора осветленной воды и выгрузки образующегося осадка.

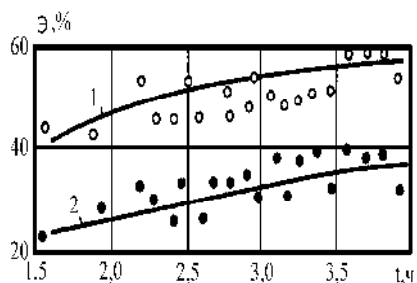


Рис. 3.16. Зависимость эффекта снижения концентрации взвешенных веществ (кривая 1) и БПК5 (кривая 2) от продолжительности осветления

Таким образом, в действующих первичных отстойниках условия флокуляции и осаждения взвешенных веществ в потоке движущейся сточной воды существенно отличаются от условий отстаивания в покое. Как следствие, достигаемый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50-60%.

На рис. 3.16 приведены эксплуатационные данные работы первичных отстойников, которые показывают эффективность осветления сточной воды по изъятию взвешенных веществ и снижению БПК в диапазоне продолжительностей отстаивания 1,5-4 ч.

В действующих отстойниках гидродинамическая характеристика потока осветляемой воды определяется типом и конструкцией отстойного сооружения, скоростями и направлением впуска сточной воды в зону отстаивания, нагрузкой сточных вод на поверхность отстойника и нагрузкой собираемой осветленной воды на единицу длины водослива.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные в плане резервуары, разделенные продольными перегородками на несколько отделений, в которых поток

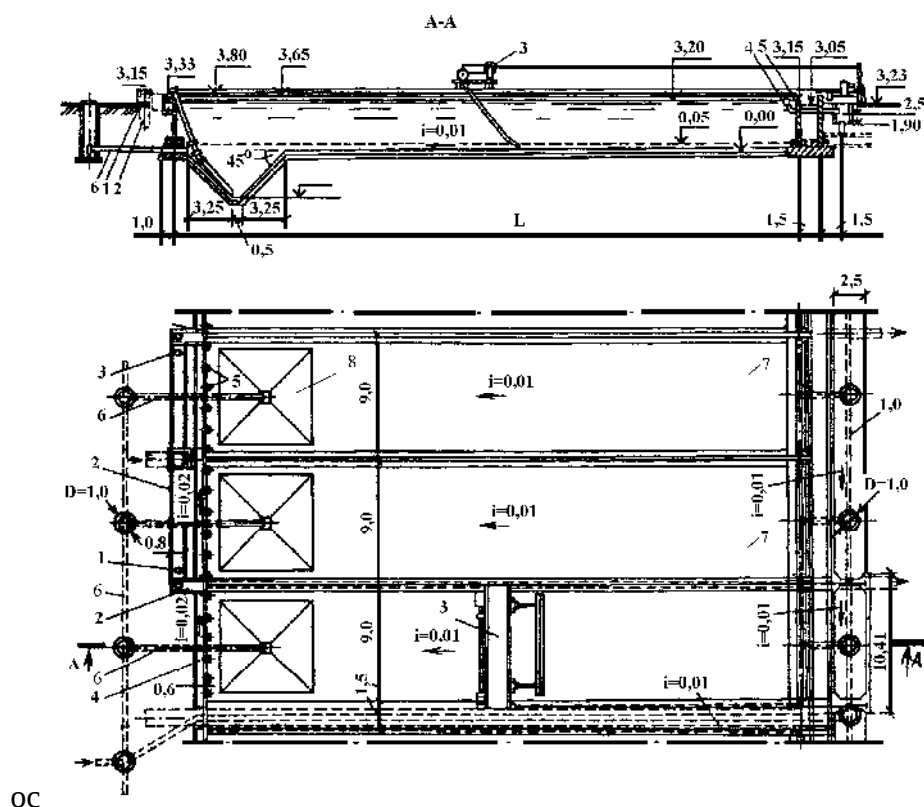


Рис. 3.17. Горизонтальный отстойник:

1 - подводящий лоток; 2 - впускные отверстия; 3 - скребковая тележка; 4 - жиросборный лоток; 5 - водосборный водослив; 6 - трубопровод выпуска осадка и опорожнения; 7 - отстойная зона; 8 - осадочный бункер

ветляемой воды, распределяемый по ширине сооружения с помощью лотка с впускными отверстиями, движется горизонтально в направлении водослива сборного канала, расположенного с противоположного торца отстойника (рис. 3.17).

Выпадающий по длине отстойника осадок перемещается скребком в расположенные на входе в сооружение иловые приямки, откуда под гидростатическим напором выгружается в самотечный трубопровод с последующим его отводом на перекачивающую насосную станцию. Всплывающие нефтемасляные и жировые вещества собираются в конце сооружения в жиросборный лоток, из которого также самотеком отводятся на перекачку.

Достоинствами горизонтальных отстойников являются их относительно высокий коэффициент использования объема и достигаемый эффект осветления воды по взвешенным веществам — 50-60%; возможность их компактного расположения и блокирования с аэротенками. Недостатком горизонтальных отстойников является неудовлетворительная надежность работы используемых в них механизмов для сгребания осадка тележечного или цепного типа, особенно в зимний период. Использование в типовых проектах сооружений унифицированной ширины 6 и 9 м стеновых панелей позволяет проектировать горизонтальные отстойники с шириной, равной ширине аэротенков, и объединять эти сооружения в секции. В практике проектирования горизонтальные первичные отстойники широко используются в очистных сооружениях пропускной способностью 15-100 тыс. м³/сут.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары с коническим дном, в которых поток осветляемой воды движется в вертикальном направлении.

В зависимости от типа впускного устройства вертикальные отстойники подразделяются на следующие: с центральным впуском воды; с нисходяще-восходящим движением воды; периферийным впуском воды.

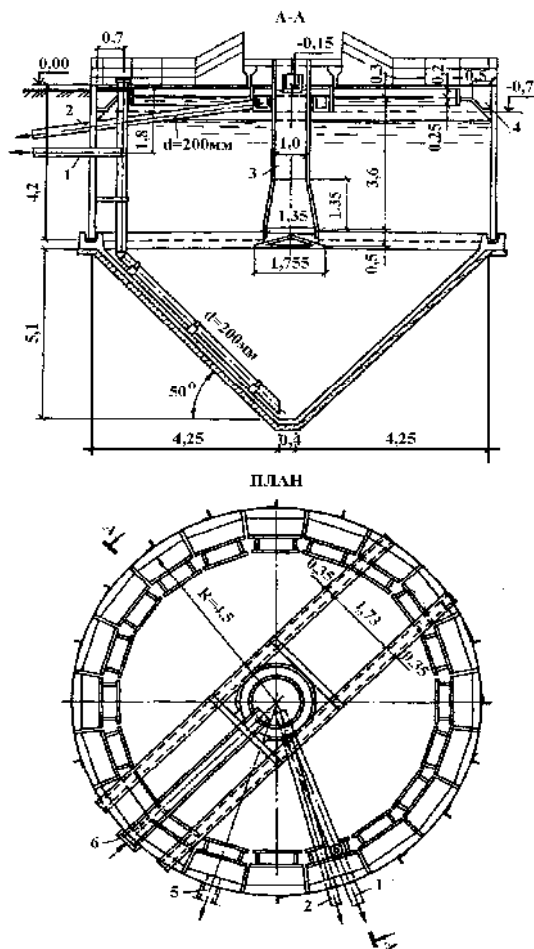


Рис. 3.18. Первичный вертикальный отстойник из сборного железобетона:

1 — иловая труба для выпуска осадка; 2 — жиропровод для выпуска всплывающих веществ; 3 — центральная впускная труба с отражателем; 4 — сборный лоток осветленной воды; 5 — отводящий лоток; 6 — подводящий лоток

В вертикальных отстойниках с центральным впуском сточная вода подводится лотком к центральной раструбной трубе, опускаясь по которой вниз, осветляемая вода отражается от конусного отражательного щита и поступает в зону осветления (рис. 3.18). В восходящем потоке осветляемой воды происходит флокуляция частиц взвеси, и образующиеся агломерации взвеси, гидравлическая крупность которых u_0 превосходит скорость восходящего вертикального потока $v_{\text{верт}}$, выпадают в осадок. Более мелкая взвесь, для которой $u_0 < v_{\text{верт}}$, выносится с восходящим потоком воды. Для городских сточных вод скорость восходящего потока составляет 0,5-0,7 мм/с.

Осветленная вода собирается периферийным сборным лотком, высота гребня водослива которого определяет уровень воды в отстойнике.

Всплывающие вещества жирового состава собираются в центре отстойника кольцевым лотком, из которого отводятся трубопроводом в самотечную иловую сеть. Выпадающий осадок

накапливается в иловой конусной части отстойника, из которой удаляется под гидростатическим напором 1,5-2,0 м через иловую трубу в самотечную иловую сеть. Объем иловой части рассчитывается на двухсуточный объем образующегося осадка. Влажность выгружаемого осадка составляет 95%. Достоинствами вертикальных первичных отстойников являются простота их конструкции и удобство в эксплуатации; недостатками — большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр - 9 м, а также невысокая эффективность осветления воды (обычно не превышающая 40% по снятию взвешенных веществ).

Более совершенными с технологической точки зрения являются вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком осветляемой воды (рис. 3.19). В отстойнике этого типа зона осветления разделена полупогружной перегородкой на две равные по площади зеркала воды части.

Сточная вода поступает в центральную часть по лотку или трубопроводу и через зубчатый водослив отражательным козырьком распределяется по площади зоны осветления, где происходит нисходящее движение потока осветляемой воды, обеспечивающее лучшее совпадение направлений векторов движения потока воды и выпадения агломерирующейся взвеси, чем в типовых вертикальных отстойниках с центральной распределительной трубой. Основная масса взвешенных веществ успевает выпасть в осадок до поступления потока осветляемой воды в кольцевую зону восходящего движения, где происходит доосветление воды, которая собирается периферийным сборным лотком.

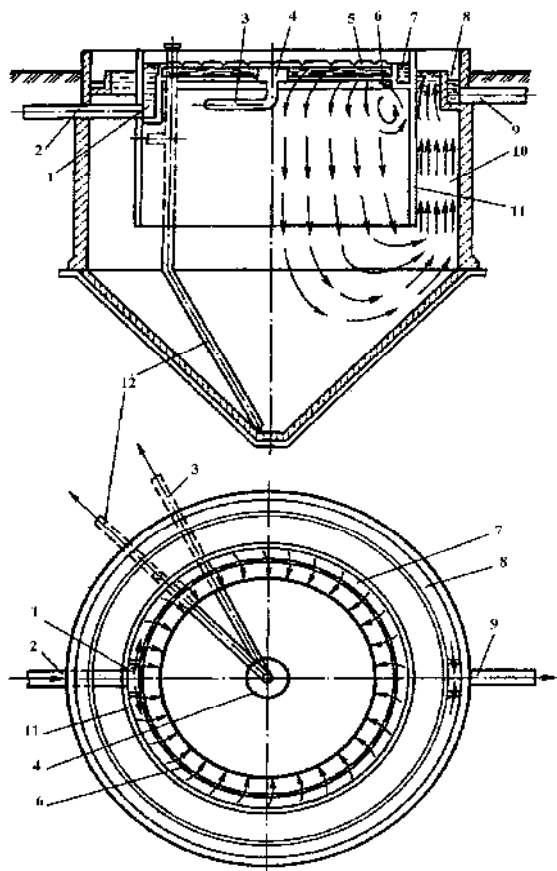


Рис. 3.19. Первичный вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим потоком:

1 – приемная камера; 2 – подающий трубопровод; 3, 4 – трубопровод и 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 перегородка; 12 – трубопровод для выпуска осадка

Коэффициент использования объема в этих отстойниках повышается до 0,65, и эффективность осветления воды по снижению концентрации взвешенных веществ достигает 60-65%.

Осадок под действием гидростатического давления выгружается через центральный илопровод. Всплывающие вещества удаляются из центральной части через приемную воронку и самотечный трубопровод.

Простота конструкции вертикальных отстойников обусловила их широкое применение на очистных сооружениях средней пропускной способностью 2,0-15,0 тыс. м³/сут.

Радиальные отстойники представляют собой круглые в плане резервуары, в которых сточная вода подается в центр отстойника и движется радиально от центра к периферии (рис. 3.20). Скорость движения осветляемой воды изменяется от максимальных значений в центре до минимальных на периферии радиального отстойника. Взвешенные вещества, выпадающие в осадок из движущегося потока осветляемой воды, перемещаются в иловый приямок скребками, размещенными на вращающейся ферме. На этой же ферме расположено подвес-

ное устройство, сгребающее всплывающие на поверхность вещества к жироборнику, из которого они отводятся на перекачку. Осадок удаляется с помощью плунжерных и центробежных насосов, что обеспечивает снижение его влажности до 93,0 – 93,5 %. Радиальные первичные отстойники обеспечивают задержание 50-55% взвешенных веществ.

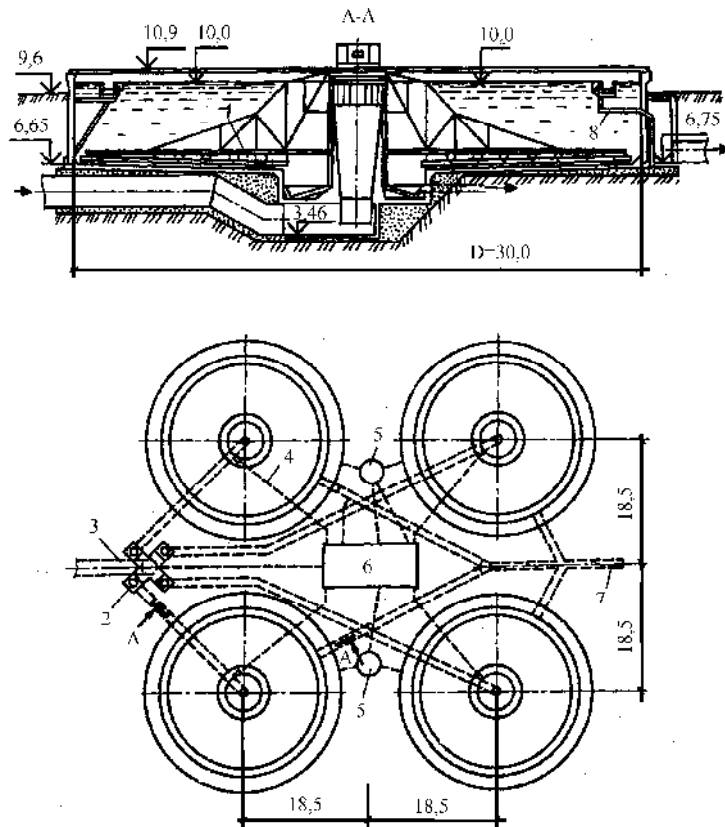


Рис. 3.20. Первичные радиальные отстойники: 1 – илоскреб; 2 – распределительная камера; 3 – подводящий трубопровод; 4 – трубопровод выгрузки осадка; 5 – жироборник; 6 – насосная станция перекачки осадка; 7 – трубопровод отвода осветленной воды; 8 – жиропровод

Разработанные типовые проекты радиальных отстойников диаметром 18-50 м позволяют использовать их на очистных сооружениях практически любой пропускной способности, начиная с 20 тыс.м³ в сут.

Метод расчета первичных отстойников по СНиП заключается в выборе типа и необходимого числа типовых сооружений, обеспечивающих требуемый эффект осветления.

Требуемая эффективность снижения концентрации взвешенных веществ при первичном осветлении воды в отстойнике $\mathcal{E}_{mp}$, %, рассчитывается по формуле (3.14)

$$\mathcal{E}_{mp} = (C_{in} - C_t)100 / C_{en},$$

где C_t — концентрация взвешенных веществ в воде после первичного отстаивания, мг/л, принимаемая равной 100-150 мг/л.

Для достижения требуемого эффекта осветления при ближайшей соответствующей начальной концентрации взвешенных веществ определяется необходимая продолжительность отстаивания воды в покое t_{set} путем интерполяции данных:

$$t_{set} = t_{set(n)} + (t_{set(n+1)} - t_{set(n)} / \mathcal{E}_{n+1} - \mathcal{E}_n)(\mathcal{E}_{mp} - \mathcal{E}_n), \quad (3.15)$$

$t_{set(n)}$ и $t_{set(n+1)}$ - продолжительность отстаивания, соответствующая эффективности осветления $\mathcal{E}_n$ и $\mathcal{E}_{n+1}$, в интервале которых находится $\mathcal{E}_{mp}$, при условии, что $\mathcal{E}_n < \mathcal{E}_{mp} < \mathcal{E}_{n+1}$.

Если $t_{set} > (30-40)$ мин, то это свидетельствует, что данный эффект осветления приходится на пологую часть кривой кинетики осветления (черт. 2 СНиПа) и его достижение без предварительной интенсификации процесса осаждения приведет к завышению объемов отстойников.

Условная гидравлическая крупность u_0 , мм/с, взвешенных веществ, которую необходимо обеспечить при отстаивании в покое при высоте осветления, равной глубине проточной части отстойника, рассчитывается по формуле, рекомендуемой действующим СНиПом:

$$u_0 = 1000 H_{set} / t_{set} (H_{set} / h_{set})^n, \quad (3.16)$$

где H_{set} — глубина проточной части отстойника, м, принимаемая предварительно на основе возможных глубин типовых отстойников, принимаемых в зависимости от их выбранного типа; h_{set} — глубина при отстаивании в покое, принимаемая равной 0,5 м; n — показатель степени, зависящий от способности взвешенных веществ к агломерации, принимаемый по рис. 3.21.

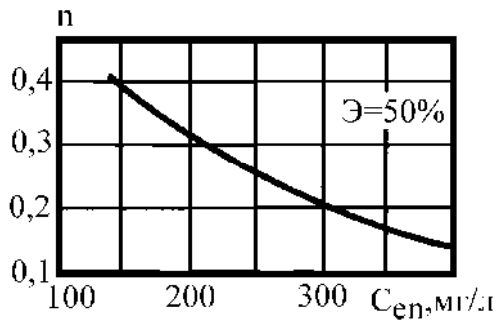


Рис. 3.21. Зависимость n от начальной концентрации взвешенных веществ (при $\Xi=50\%$)

Необходимая продолжительность осветления воды в отстойнике рассчитывается по формуле

$$t_{омс} = 1000 H_{set} / K_{set} u_0, \text{ с}, \quad (3.17)$$

где K_{set} — коэффициент использования объема, принимаемый в зависимости от выбранного типа первичных отстойников.

Расчетный объем первичных отстойников $W_{рас}$, м^3 , определяется по формуле

$$W_{рас} = q_{max} t_{омс} / 3600, \text{ м}^3.$$

(3.18)

Исходя из выбранного типа отстойников и их возможной компоновки в схеме очистной станции принимаются необходимое число проектируемых отстойников $K_{омс}$ и их размеры, которые наиболее близ-

ко соответствуют величине $W_{рас}$, и определяется фактический расход воды $q_{факт}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, на один отстойник

$$q_{факт} = q_{max} / K_{омс}. \quad (3.19)$$

Фактическая средняя скорость потока $v_{ср}$, мм/с , в горизонтальном отстойнике шириной B составит

$$v_{ср} = q_{факт} 1000 / B H_{факт} 3600. \quad (3.20)$$

Для радиального или вертикального отстойника средняя скорость потока $v_{ср}$, мм/с , определяется на половине радиуса отстойника для $D_{ср} = d_{факт}/2$

$$v_{ср} = q_{факт} 1000 / \pi D_{ср} H_{факт} 3600 \quad (3.21)$$

Определяется вертикальная составляющая турбулентной пульсации ω , мм/с , в отстойнике

$$\omega = 0,05 v_{ср}. \quad (3.22)$$

Рассчитывается фактическая продолжительность отстаивания воды $t_{факт}$, ч, в первичном отстойнике

$$t_{факт} = W_{факт} / q_{max}. \quad (3.23)$$

Определяется гидравлическая крупность взвешенных веществ $u_{омс}$, мм/с , задерживаемых в отстойнике принятых размеров и типа

$$u_{омс} = 1000 H_{факт} / K_{set} t_{факт} 3600, \quad (3.24)$$

С учетом поправок на вертикальную составляющую турбулентной пульсации ω и увеличение вязкости воды μ при ее температуре в производственных условиях в зимний период, отличной от лабораторной ($T_{лаб} = 20^\circ\text{C}$), определяется фактическая гидравлическая крупность задерживаемых взвешенных веществ $u_{факт}$, мм/с ,

$$u_{факт} = \mu_{пр} u_{омс} / \mu_{лаб} + \omega, \quad (3.25)$$

где $\mu_{пр} = 1 + 0,0337 T$ — динамическая вязкость сточной воды, г/(см с) .

Из формулы 3.25 определяется лабораторная продолжительность отстаивания в покое $t_{лаб}$, с, соответствующая фактической условной гидравлической крупности $u_{факт}$ и фактической глубине отстаивания $H_{факт}$,

$$t_{лаб} = 1000 H_{факт} / u_{факт} (H_{факт} / h_{set})^n. \quad (3.26)$$

Путем интерполяции определяется фактический эффект осветления $\mathcal{E}_{\text{факт}}$, %, соответствующий продолжительности отстаивания $t_{\text{лаб}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{факт}} = \mathcal{E}_n + (\mathcal{E}_{n+1} - \mathcal{E}_n)(t_{\text{лаб}} - t_n) / t_{\text{set}(n+1)} - t_{\text{set}(n)}, \quad (3.27)$$

где $t_{\text{set}(n)} < t_{\text{лаб}} < t_{\text{set}(n+1)}$.

Концентрация взвешенных веществ C_t , мг/л, в осветленной воде составит

$$C_t = C_0 (1 - 0,01 \cdot \mathcal{E}_{\text{факт}}). \quad (3.28)$$

Эффективность снижения БПК в первичных отстойниках составляет $\mathcal{E}_{\text{БПК}} = 0,6 \mathcal{E}_{\text{факт}}$ и в осветленной воде будет равна:

$$L_t = L_0 (1 - 0,01 \cdot \mathcal{E}_{\text{БПК}}). \quad (3.29)$$

Масса сухого вещества $M_{\text{сух}}$, т/сут, уловленного за сутки осадка составит

$$M_{\text{сух}} = C_0 (0,01 \cdot \mathcal{E}_{\text{факт}}) KQ / (1000 \cdot 1000), \quad (3.30)$$

где Q — расход сточных вод, м³/сут; $K = 1,2$ — коэффициент, корректирующий массу загрязнений, не учитываемых при анализе взвешенных веществ.

Объем осадка, выгружаемого из отстойников за сутки $W_{\text{ос}}$, м³/сут,

$$W_{\text{ос}} = 100 \cdot M_{\text{сух}} / (100 - B_{\text{ос}}) \rho, \quad (3.31)$$

где $B_{\text{ос}}$ — влажность осадка, %, принимаемая 93-95%; ρ — плотность осадка, т/м³.

3.4. Методы интенсификация 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%. 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 очень часто также 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. 3.22). 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.

Концентрация основных категорий биополимеров - полисахаридов, протеинов, РНК и ДНК достигает максимума в фазе эндогенной респирации микроорганизмов. Образующиеся

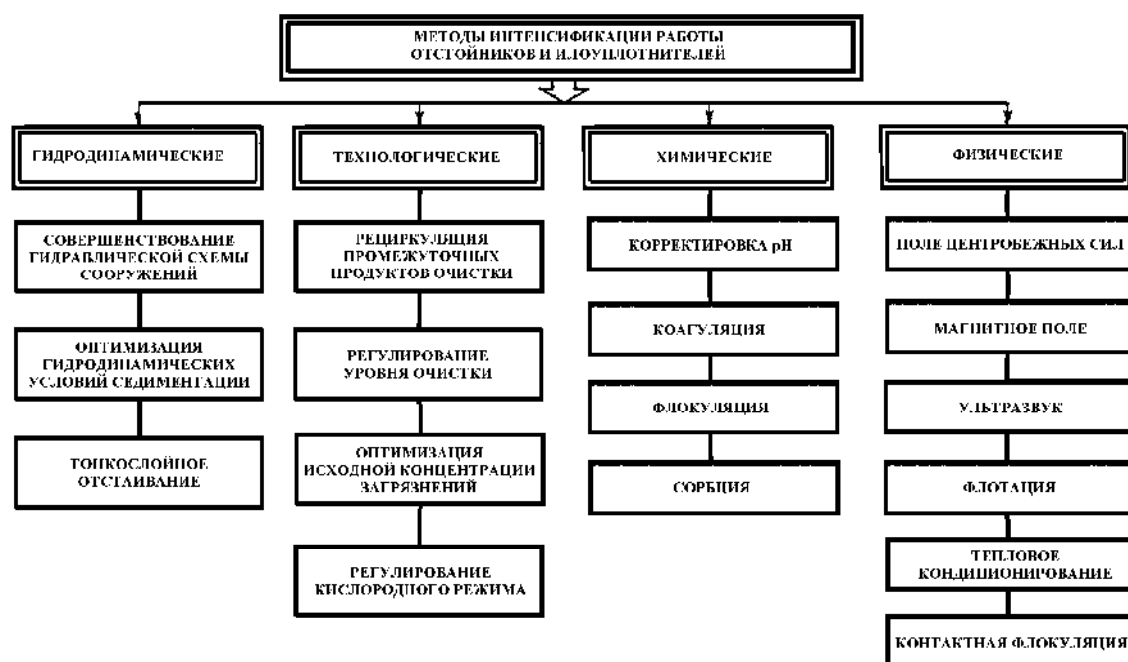


Рис. 3.22. Методы интенсификации работы отстойников и илоуплотнителей

экзогенные биополимеры обеспечивают формирование и прикрепление биопленки, объединение свободноплавающих микроорганизмов в клоны и хлопки, которые при уменьшении градиента скорости способны агрегироваться в крупные быстрооседающие хлопья активного ила размером в несколько миллиметров.

Функциональные группы, содержащиеся в биополимерах, могут в среде, близкой к нейтральной, проявлять свойства ионов или быть неионогенными, обеспечивая образование мостиковых связей как между собой, так и с другими частицами минерального или органического происхождения, т.е. выполняют роль флокулянтов.

Таким образом, избыточный активный ил и биопленка представляют собой естественные биофлокулирующие добавки, образующиеся в процессе биологической очистки сточных вод. Использование их биофлокулирующих свойств целесообразно в качестве одного из самых экономичных методов физико-химического воздействия на формирование агломераций мелкодисперсной взвеси в процессе ее седиментации (осаждения).

Биофлокуляция была успешно реализована во встроенных в вертикальные отстойники камерах флокуляции, использующих как избыточный активный ил, так и биопленку. Эффективность первичного осветления воды после ее 20-минутной обработки в камере биофлокуляции повышалась до 65—75% по взвешенным веществам и 40—45% по снижению БПК. Однако механический перенос полученных в вертикальных отстойниках результатов на запроектированные и построенные отдельно стоящие преаэраторы сточных вод с активным илом, а также встроенные конструкции в радиальные и горизонтальные отстойники не позволил получить в них аналогичные результаты.

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. 3.23.

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.

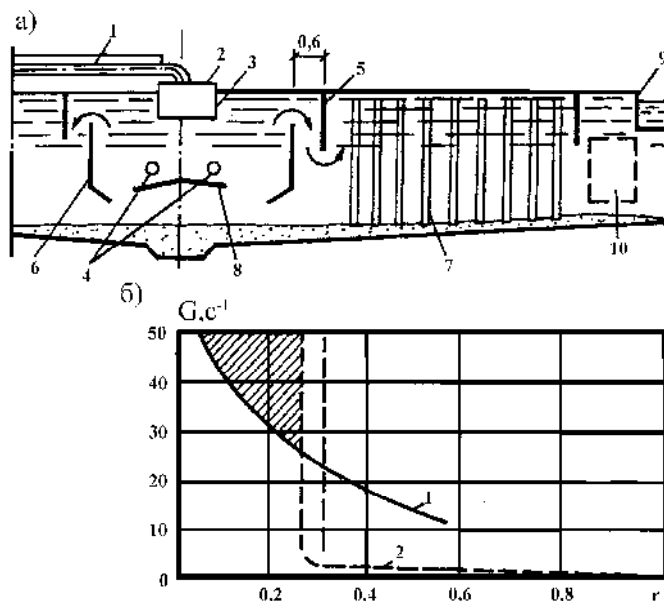


Рис. 3.23. Схема радиального отстойника с камерой биофлокуляции (а) и распределения градиентов скорости до (кривая 1) и после реконструкции (кривая 2) (б):

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 зонт; 9 – сборный водослив; 10 – тонкослойные блоки перекрестной схемы

Имеющийся гидродинамический потенциал входящего потока дополняется устройством аэратора в виде дырчатых труб, что в совокупности обеспечивает в зоне биофлокуляции необходимый градиент скорости перемешивания $50-60 \text{ c}^{-1}$.

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 $G = 1-2 \text{ c}^{-1}$ обеспечивает оптимальные условия для осаждения взвешенных веществ и уплотнения образующегося осадка. Расположенные на периферии отстойника тонкослойные блоки перекрестной схемы осаждения осветляют воду на завершающей стадии, перед ее поступлением в сборный лоток.

Наряду с использованием биофлокулирующих свойств избыточного активного ила интенсификация работы первичных отстойников возможна также за счет применения непрерывной откачки выпадающего осадка с его последующим уплотнением в отдельном осадкоуплотнителе. Преимущества данной технологии заключаются в поддержании практически нулевого (не более высоты скребков) слоя осадка на днище отстойника и повышения тем самым эффекта осветления воды. Кроме того, быстрое удаление выпадающего осадка, особенно при условии тщательной «зачистки» всего днища скребками, позволяет избегать так называемого залеживания осадка с его последующим анаэробным распадом и попаданием в осветляемую воду трудноосадимых продуктов разложения.

Аналогичное отрицательное воздействие на процесс первичного осветления оказывает широко применяемая в технологических схемах станций аэрации рециркуляция в первичные отстойники сливной воды после уплотнителей сброженного осадка из метантенков. Продукты анаэробного распада, отмытые из сброженного осадка для улучшения его влагоотдачи, обладают крайне низкой способностью как к осаждению, так и к всплыванию, что приводит к образованию неоседающих затопленных линз тонкодисперсной взвеси и ее повы-

шенному выносу из первичных отстойников.

Кроме выделения оседающих веществ, в первичных отстойниках задерживаются также всплывающие вещества, представляющие собой в основном различные виды нефтепродуктов. Так по результатам производственных испытаний, проведенных на КСА, эффективность снижения концентрации нефтепродуктов в сточной воде после первичного отстаивания составляет около 50%. Однако всплывающие вещества вместе с осадком направляются на сбраживание в метантенки, где нефтепродукты практически не распадаются, а лишь эмульгируются, создавая дополнительные трудности при последующей обработке осадка и рецикле сливной воды. Поэтому с технологической точки зрения заслуживает внимания опыт рециркуляции задержанных в первичных отстойниках плавающих веществ в поток сточных вод перед мелкопрозорчатыми решетками, которые имеют практически постоянно подслои отбросов на своих стержнях, который эффективно задерживает плавающие вещества. В последующем, вместе с отбросами, задержанные на них плавающие вещества отправляются на захоронение и выводятся тем самым из технологического цикла.

В последние годы достигнут также прогресс в совершенствовании конструкций устройств для удаления плавающих веществ с поверхности радиальных отстойников, наиболее распространенных на станциях аэрации. Качающиеся приемные бункеры, затапливаемые при прохождении

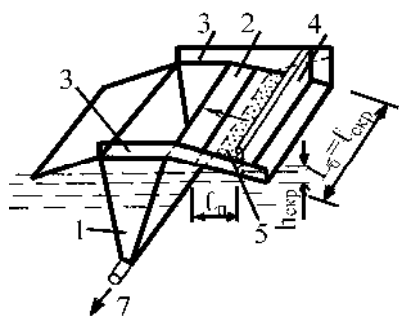


Рис. 3.24. Схема приемного бункера: 1 – бункер; 2 – пандус; 3 – борт; 4 – скребок; 5 – удаляемый шлам; 6 – труба для выпуска шлама из бункера

над ними фермы скребка и собирающие таким образом плавающие вещества, вместе со значительным количеством воды обеспечивали влажность удаляемой смеси порядка 97%. На КСА была разработана и успешно испытана в производственных условиях конструкция приемного бункера, борта которого постоянно находятся выше уровня воды в первичном отстойнике (рис 3.24). Плавающие вещества, подгребаемые к бункеру скребком, попадают в него через наклонный пандус, на котором происходит обезвоживание удаляемой массы. Для обеспечения самотечной выгрузки задержанных загрязнений они могут дозированно разбавляться водой. Конечная влажность выгружаемой с поверхности массы за-

грязнения не превышает 92%.