

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6  
**ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**  
(МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ)

**6.1 Состав и свойства производственных сточных вод**

Сточные воды, отводимые с территорий промышленных предприятий, по своему составу делятся на три вида.

1) Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в различных технологических процессах. Их количество, состав и концентрации загрязняющих веществ определяются следующими факторами: видом промышленного производства и характером технологического процесса, составом исходного сырья и выпускаемой продукции, составом исходной свежей воды, режимами технологических процессов. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах различных предприятий неодинаковы, колеблются в широких пределах во времени в отдельных цехах или на предприятии в целом. Неравномерность притока сточных вод и их концентрации ухудшает работу очистных сооружений и усложняет их эксплуатацию.

В зависимости от степени загрязнения производственные сточные воды можно разделить на три основные категории:

- условно-чистые, которые не приводят к изменениям физико-химического состава воды водоема и не требуют очистки. Эти воды обычно поступают от теплообменных аппаратов, а также образуются при охлаждении оборудования и продуктов производства;

- нормативно очищенные - воды, прошедшие очистку до ПДК загрязняющих веществ, сброс которых не приводит к изменению качества воды в водоеме;

- загрязненные - воды, сбрасываемые без очистки или недостаточно очищенные, с концентрациями загрязняющих веществ, превышающими ПДК, в расчете на процессы разбавления и самоочищения в водном объекте. Загрязненные сточные воды обычно делят на три группы: загрязненные преимущественно органическими примесями, загрязненные преимущественно минеральными примесями и загрязненные смесью этих примесей. Большинство предприятий имеет как минеральные, так и органические загрязнения сточных вод в различных соотношениях.

Производственные сточные воды являются наиболее опасными для водных объектов. Они значительно труднее поддаются очистке, чем городские сточные воды, для этого требуются сложные и дорогие очистные сооружения. Разнообразие состава и характера загрязнений производственных сточных вод обуславливает применение для их очистки различных методов, как физико-химических и химических, так и биологических. Промышленные сточные воды принимаются в городскую систему канализации с ограничениями.

2) Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются при эксплуатации на территории предприятия санузлов, душевых, прачечных и столовых. В составе таких вод различают фекальные, загрязненные в основном физиологическими выделениями людей, и хозяйственные, загрязненные различными хозяйственными отбросами, моющими средствами. Отличительной особенностью хозяйственно-бытовых вод является относительное постоянство их состава и высокая степень загрязненности. Основную массу загрязнений составляют органические вещества растительного и животного происхождения. Хозяйственно-бытовые сточные воды

всегда содержат большое количество микроорганизмов, которые являются продуктами жизнедеятельности человека, среди которых могут быть и патогенные. Это наиболее опасная в эпидемиологическом отношении часть загрязнений. Для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, как правило, применяют биологические методы. Предприятия не отвечают за качество данных вод и направляют их на городские очистные сооружения.

Загрязнения хозяйственно-бытовых и производственных стоков влияют на выбор технологической схемы очистки воды и на экологическую ситуацию в данном районе.

3) Атмосферные (ливневые) сточные воды (поверхностный сток с территорий предприятий) образуются в результате смыва примесей, скапливающихся на территории, дождевой, талой и поливочной водой. Отличительной особенностью ливневого стока является его эпизодичность и резко выраженная неравномерность по расходу и концентрациям загрязнений. Поверхностный сток содержит в основном минеральные загрязнения - твердые (взвешенные) частицы, а также нефтепродукты. Ливневые воды с территорий промышленных предприятий могут содержать специфические примеси, характерные для того или иного производства. На загрязненность поверхностного стока оказывают влияние многие факторы: уровень благоустройства территории, плотность населения, интенсивность движения транспорта. Эти воды сбрасываются в наружную (дождевую) сеть города. Предприятия ведут учет объема сточных вод данного типа.

Поверхностный сток с промышленных площадок имеет, как правило, более сложный состав, а концентрация загрязнений в нем выше, чем в городском стоке.

## **6.2 Методы и сооружения для механической очистки производственных сточных вод**

Для очистки бытовых и производственных сточных вод используют следующие методы:

- механические(гидромеханические);
- химические;
- физико-химические;
- биологические.

Метод очистки и состав очистных сооружений выбирают в зависимости от требуемой степени очистки, состава загрязнений, пропускной способности очистной станции, грунтовых условий и мощности водного объекта с соответствующим технико-экономическим обоснованием.

В настоящее время требования к степени очистки сточных вод повышаются. В связи с этим их подвергают дополнительной более глубокой очистке (доочистке). В процессе очистки предусматривают также обработку осадков сточных вод и обеззараживание сточных вод перед сбросом в водоем.

Механическая очистка сточных вод применяется, как правило, в качестве предварительной, то есть предшествует другим методам очистки. Назначение механической очистки заключается в подготовке производственных сточных вод при необходимости к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Она способствует удалению из сточных вод нерастворенных и частично коллоидных минеральных и органических примесей.

Механическая очистка обеспечивает выделение из сточных вод до 90-95% взвешенных веществ и снижение органических загрязнений (по БПК<sub>полн</sub>) на 20-25%. В ряде случаев механическая очистка является единственным и достаточным способом для извлечения из производственных сточных вод механических загрязнений и подготовки их к повторному использованию в системах оборотного водоснабжения. Механическую очистку осуществляют способами процеживания, пескоулавливания, отстаивания, центрифугирования, фильтрования.

### 6.2.1 Усреднители

Усреднители применяют для регулирования состава или расхода сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Иногда усреднение осуществляют по двум показателям одновременно. Это позволяет повысить эффективность и надежность работы устройств механической, биологической и физико-химической очистки. Усреднители выравнивают пиковые расходы и концентрации сточных вод, что позволяет разработать более экономичные очистные сооружения, так как при этом для расчета принимаются усредненные данные. Изменение концентрации в сточной воде может произойти в результате ее залпового сброса или вследствие циклических колебаний состава вод.

Усреднение проводят в контактных и проточных усреднителях. Контактные усреднители используют при небольших расходах сточной воды, в периодических процессах и для обеспечения высоких степеней выравнивания концентраций. В большинстве случаев применяют проточные усреднители, которые представляют собой многокоридорные (многоходовые) резервуары или емкости, снабженные перемешивающими устройствами. Многокоридорные усреднители представляют собой прямоугольные или круглые резервуары, изготовленные из железобетона.

Усреднение в них достигается смешением струй сточной воды разной концентрации. В отечественной практике применяются усреднители двух типов: с дифференцированием потока сточных вод и с перемешиванием поступающей сточной воды. Схема прямоугольного усреднителя сточных вод представлена на рисунке 6.2.1.

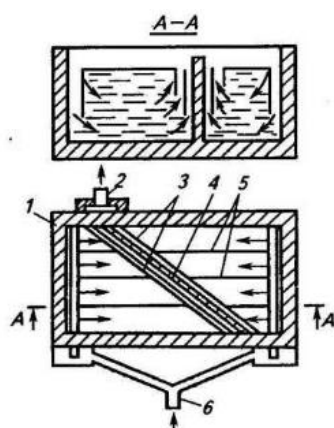


Рисунок 6.2.1 Прямоугольный усреднитель сточных вод:

1 - распределительный лоток; 2 - водоотводный канал; 3 - сборные лотки; 4 - глухая перегородка; 5 - вертикальные перегородки; 6 - подвод воды

Принцип работы данного усреднителя заключается в следующем. Сточная вода попадает в распределительный лоток 1, из которого по желобам направляется

в коридоры усреднителя и собирается затем в диагональные сборные лотки 3, из них сточная вода поступает в водоотводной канал 2. Эффективность усреднения по концентрации достигается за счет разного времени добегания отдельных порций сточной воды к сборному лотку. Типовой усреднитель состоит из 4 - 6 параллельно расположенных коридоров. Эти усреднители рекомендуется применять при незначительном количестве взвешенных веществ в поступающих сточных водах и слабой их агрессивности по отношению к бетону.

### 6.2.2 Решетки для процеживания

Для процеживания сточных вод применяют решетки. Они задерживают грубые примеси размером 5 и более мм (крупные, нерастворенные, плавающие загрязнения). Попадание таких отходов в последующие очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т. е. к нарушению нормальной работы. Решетки представляют собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных металлических стержней круглой или чаще прямоугольной формы поперечного сечения (60\*10 мм). Стержни устанавливают вертикально или наклонно к потоку под углом 60-70° к горизонту. Ширина прозоров решеток (расстояние между стержнями) составляет 16 мм. Схема решетки представлена на рисунке 6.2.2.

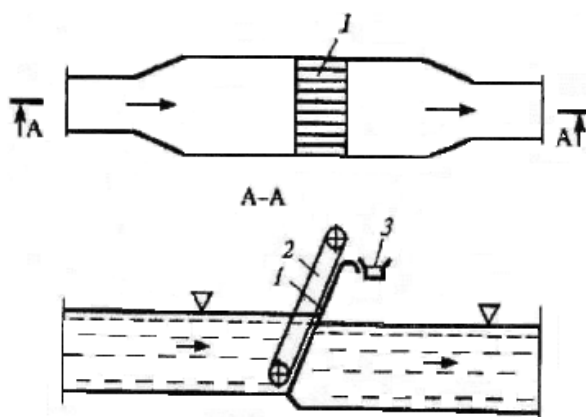


Рисунок 6.2.2 - Схема решетки

1 - решетка из металлических стержней; 2 - механизм для снятия задержанных решеткой загрязнений; 3 - транспортер для подачи задержанных загрязнений в дробилку

Решетки бывают различных типов:

- подвижные или неподвижные;
- устанавливаемые вертикально или наклонно;
- с ручной или механизированной очисткой от отбросов (механическая очистка производится движущимися граблями, зубцы которых входят в прозоры, снятые отбросы поступают на конвейер и направляются в дробилку для размельчения);
- решетки-дробилки (комбинированные механизмы), измельчают задерживаемые примеси без извлечения их из сточных вод.

Решетки, требующие ручной очистки, устанавливают в случае, если количество загрязнений не превышает 0,1 м³/сут. При большем количестве загрязнений устанавливают решетки с механическими граблями.

### 6.2.3 Сооружения и аппараты для осаждения примесей из сточных вод

Работа многочисленных аппаратов, предназначенных для выделения из сточных вод твердых и жидких примесей, основана на гидродинамических закономерностях процесса отстаивания. К таким аппаратам относятся песколовки, первичные и вторичные отстойники, илоуплотнители, нефтеловушки, смолжиромаслоуловители.

**Песколовки.** После решеток сточные воды поступают в песколовки. Они предназначены для задерживания минеральных взвесей, главным образом песка крупностью 0,2-0,25 мм и более. В результате задерживания песка облегчается эксплуатация последующих сооружений. Легкие частицы органического происхождения должны выноситься из песколовки. Работа песколовки основана на использовании гравитационных сил. Их устанавливают при пропускной способности станции очистки сточных вод более 100 м³/сут. Число отделений песколовки принимают не менее двух, при этом все отделения являются рабочими. Песколовки устраивают из сборных железобетонных унифицированных элементов.

В отечественной практике используются следующие типы песколовки.

А) Горизонтальные песколовки проектируют двух видов: с прямолинейным и круговым движением воды. Схема горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды приведена на рисунке 6.2.3.

Песколовка имеет прямоугольную в плане форму. Для ориентировочных расчетов принимают глубину песколовки  $H = 0,25-1$  м, соотношение ширины и глубины  $B/H = 1: 2$ . В расширенной части резервуара под действием силы тяжести происходит осаждение песка. Скорость движения воды в песколовке составляет 0,15-0,3 м/с. При скорости более 0,3 м/с песок не успевает осесть, а при скорости менее 0,15 м/с начинают оседать органические примеси, что недопустимо. Время пребывания сточных вод в песколовке составляет 0,5-2 мин.

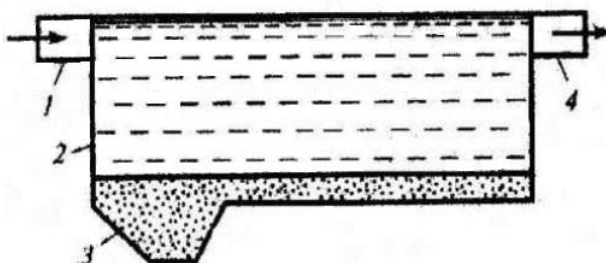


Рисунок 6.2.3 - Схема горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды  
1 - входной патрубок; 2 - корпус песколовки; 3 - шламособорник (песковый приямок);  
4 - выходной патрубок

Б) Аэрируемые песколовки применяют в тех случаях, когда требуется наиболее полное разделение примесей по крупности. Воздух способствует

вращению воды в песколовке и тем самым повышению эффекта осаждения. Они чаще проектируются в виде горизонтальных резервуаров. Бывают также аэрируемые песколовки с круговым движением воды. В горизонтальных аэрируемых песколовках вдоль одной из стенок на расстоянии 45-60 мм от дна по всей длине устраивают аэраторы в виде перфорированных труб с отверстиями 3-5 мм. За счет аэрации потока в песколовке создается вращательное движение, а в выпавшем песке почти не содержатся органические загрязнения.

В аэрируемых песколовках с круговым движением воды объем аэрированной зоны изменяется от 25,8 до 169 м<sup>3</sup>, а интенсивность аэрации составляет 3,3-3,6 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> ч). Ширина зоны аэрации песколовки равна 1,25-3 м, диаметр зоны отстаивания 4 или 6 м, диаметр песколовки 6,5-12 м.

В) Тангенциальные песколовки устраивают круглой в плане формы, с малой глубиной проточной части и подводом воды, осуществляемым по касательной. Образующееся вращательное движение способствует отмывке песка от органических веществ, исключая их выпадение в осадок. Диаметр песколовки составляет не более 6 м. Проточная часть песколовки имеет небольшую глубину. При скорости движения воды в главном лотке 0,6 - 0,8 м/с в песколовке задерживается примерно 90% песка. Осажденный песок удаляют шнеком, гидроэлеватором или смывают водой, подаваемой через трубопровод, расположенный в песковом лотке.

Песок, задержанный в песколовках, обычно удаляют из них с помощью гидроэлеваторов (водоструйных насосов) и в виде песчаной пульпы подают на песковые площадки - земельные участки, разделенные на карты ограждающими валиками высотой 1-2 м. Профильтрованную воду собирают дренажной системой и направляют в резервуар, откуда перекачивают в канал перед песколовками. Песковые площадки устраивают на крупных очистных станциях.

Песок, обезвоженный на песковых площадках, содержит много органических веществ, способен гнить. Для отмывки песка от органических загрязнений и его обезвоживания на станциях производительностью до 80 тыс. м<sup>3</sup>/сут применяют песковые бункеры, гидроциклоны, горизонтальные шнековые центрифуги, гидравлические и механические пескопромыватели. После такой обработки песок можно использовать для подсыпки и планировки территории и как строительный материал.

**Отстойники.** Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод. Отстойники применяются для задерживания нерастворенных органических загрязнений (рисунок 6.2.4).

По назначению отстойники бывают: - первичные (устанавливаемые перед сооружениями биологической или физико-химической очистки); - вторичные (устанавливаемые после сооружений для биологической очистки для отделения очищенной воды от активного ила или биопленки).

По характеру движения воды (по конструктивным признакам) отстойники делятся на три вида:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- радиальные.

Разновидностью отстойников являются также:

- двухъярусные отстойники;

- осветлители-перегниватели. В них происходит осветление сточной жидкости и одновременно перегнивание выпавшего осадка.

Первичные отстойники применяют для выделения из сточных вод нерастворимых веществ, которые под действием гравитационных сил оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. Достижимый эффект осветления по взвешенным веществам составляет 40-60% при продолжительности отстаивания 1-1,5 ч. Процесс также сопровождается одновременным снижением величины БПК в осветленной сточной воде на 20-40% от исходного значения. Выбор типа и конструкции отстойников зависит от количества и состава производственных сточных вод, поступающих на очистку, характеристик образующегося осадка (уплотняемость, транспортируемость) и от местных условий строительной площадки очистных сооружений. В каждом конкретном случае выбор типа отстойников должен определяться в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов. Число отстойников принимают не менее двух, но и не более четырех.

А) Горизонтальный отстойник применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар, разделенный перегородками на несколько отсеков (не менее двух) для возможности чистки и ремонта. Ширина коридора составляет 3-6 м, глубина отстойника колеблется в пределах 1,5-4 м, длина отстойника должна в 8-12 раз превышать его глубину. В отстойнике происходит гравитационное осаждение взвешенных частиц за счет резкого (по сравнению с подводным каналом) снижения скорости движения жидкости. Максимальная скорость движения воды в горизонтальном отстойнике составляет 0,7 мм/с. Продолжительность отстаивания составляет 0,5-1,5 ч. За это время основная масса взвешенных веществ выпадает в осадок. Эффективность очистки достигает 50-60%. Осадок сгребается в иловый приямок скребковым механизмом и удаляется насосами, гидроэлеваторами, грейферами или под гидростатическим давлением. Угол наклона стенок приямка принимают равным 50-60°. Днище отстойника имеет уклон к приямку не менее 0,005. Горизонтальный отстойник по сравнению с радиальным имеет более высокий расход железобетона на единицу строительного объема.

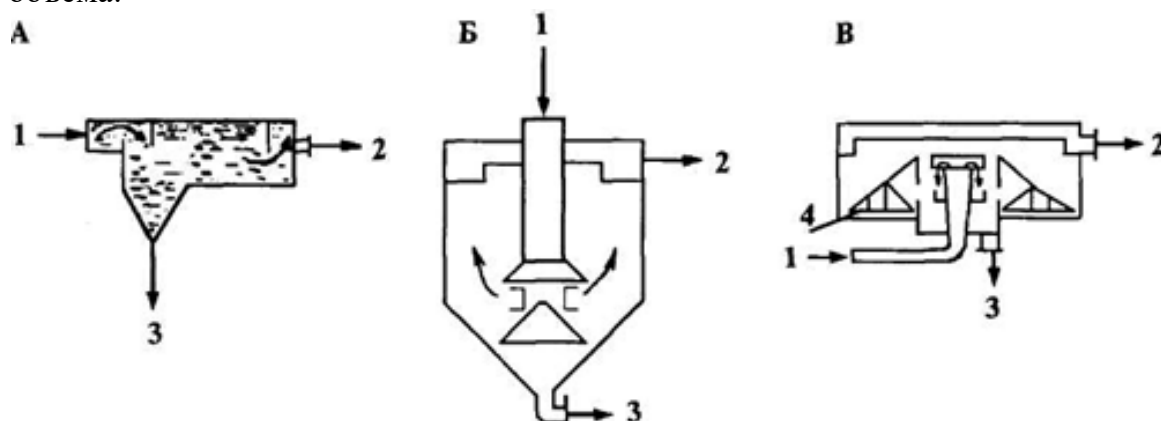


Рисунок 6.2.4 –Отстойники:

А – горизонтальный; Б – вертикальный; В – радиальный;

1 – загрязненная вода; 2 – очищенная вода; 3 – осадок (шлам); 4 – скребковый механизм

Б) Вертикальный отстойник применяется для осветления производственных сточных вод, а также их смесей с бытовыми сточными водами, содержащих

грубодисперсные примеси. Он представляет собой круглый или квадратный в плане железобетонный резервуар с коническим или пирамидальным днищем соответственно. Отстойник имеет достаточно большую глубину (около 7 м), в несколько раз превышает его горизонтальный размер. Диаметр отстойника колеблется в пределах 4-9 м. Отстойники просты по конструкции и удобны в эксплуатации, недостатком их является большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр.

Разделение твердой и жидкой фаз происходит за счет уменьшения скорости потока и изменения его направления на 180°. Осветленные воды сливаются через кольцевой водослив в сборный лоток. Вертикальные отстойники более компактны, однако их эффективность на 10–20% ниже, чем у горизонтальных.

Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу с раструбом. Сточные воды поступают в центральную круглую трубу, оканчивающуюся раструбом и отражательным щитом, движутся сверху вниз, затем поднимаются по кольцевому пространству между центральной трубой и стенкой отстойника. Осаждение происходит в восходящем потоке, скорость которого составляет 0,5-0,6 м/с.

В) Радиальный отстойник применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар большого диаметра (18-60 м) и относительно малой глубины проточной части (1,5-5 м). Известны радиальные отстойники трех конструктивных модификаций: с центральным впуском; с периферийным впуском и с вращающимися сборно-распределительными устройствами. Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости.

Сточная жидкость подается по центральной трубе, расположенной под днищем отстойника. Труба имеет небольшое расширение для погашения скорости движения жидкости. Сточная вода распределяется по всему объему отстойника с помощью распределительной чаши. Затем поток движется в радиальном направлении с убывающей скоростью от центра к периферии. При этом происходит выпадение осадка, который сгребается к центру скребками, подвешенными к ферме. Из приемки осадок удаляется насосом или под действием гидростатического давления. Осветленная вода отводится по кольцевому сборному желобу.

В конструкции радиального отстойника реализован принцип действия вертикального и горизонтального отстойников. В центральной его части происходит смена направления потока очищаемой жидкости, а от центра к периферии он работает в режиме горизонтального отстойника. Это позволяет получать достаточно компактные сооружения большой производительности. Эффективность осветления в радиальных отстойниках достигает 60 %. Глубина их колеблется от 1,5 до 5 м, диаметр – от 15 до 60 м.

Радиальные отстойники по сравнению с горизонтальными имеют некоторые преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности.

Недостаток - наличие подвижной фермы со скребками. Недостатками всех рассматриваемых типов отстойников являются:

- большие габаритные размеры и значительный расход материалов для их изготовления, соответственно, стоимость их очень высока;
- большая продолжительность отстаивания;



- сравнительно низкая эффективность очистки;
- наличие в процессе осветления турбулентного режима движения воды, что тормозит осаждение взвесей и уменьшает эффект осветления.

Перечисленные недостатки частично устраняются в тонкослойных и трубчатых отстойниках. Их применяют для увеличения эффективности отстаивания. Они могут быть горизонтальными, вертикальными, радиальными. Ламинарное движение в них достигается в результате деления отстойной зоны на тонкие слои по высоте пластинами (полками) небольшой глубины (до 150 мм) или набором пакетов трубок небольшого диаметра (25-50 мм). При этом процесс отстаивания протекает за 4-10 мин, что позволяет уменьшить размеры отстойника.

Тонкослойные отстойники классифицируются по следующим признакам:

- по конструкции наклонных блоков - на трубчатые и полочные;
- по режиму работы - периодического (циклического) и непрерывного действия;
- по взаимному движению осветленной воды и вытесняемого осадка - с прямоточным, противоточным и смешанным (комбинированным) движением.

Недостатком тонкослойных отстойников является сложность удаления осадка из межполочного пространства. Накопившийся осадок удаляется промывкой обратным током осветленной воды. Наклон элементов в отстойниках непрерывного действия составляет 45-60°. Эффективность трубчатых и полочных отстойников практически одинакова. Указанные отстойники наиболее эффективно использовать для осветления высококонцентрированных сточных вод.

В зависимости от вида удаляемых плавающих примесей отстойники могут называться нефтеловушками, жируловителями и т.п. Эффективность удаления из воды плавающих примесей составляет 95-96%. Всплывшие примеси удаляются с поверхности специальными приспособлениями и направляются на утилизацию.

Для удаления из воды волокнистых примесей (частичек шерсти, ниток, асбеста и др.) используется дисковый волокнуловитель, представляющий собой вращающийся перфорированный диск, по которому тонким слоем стекает очищаемая жидкость.

Для повышения эффективности процесса осветления к очищаемой в отстойниках жидкости добавляют коагулянты – вещества, которые при взаимодействии с водой образуют хлопьеобразные частицы размером 0,5-3 мм с развитой поверхностью, обладающие также небольшим электрическим зарядом. При оседании эти хлопья захватывают из жидкости взвешенные и коллоидные частицы. В качестве коагулянтов применяются сернокислый алюминий, хлорное железо и др. Расход их составляет от 40 до 700 кг/м<sup>3</sup> очищаемой жидкости. Высокие дозы относятся к физико-химической очистке технологических вод, обеспечивающей удаление хрома и цианидов, а также обесцвечивание воды.

Интенсификации процесса коагуляции способствует добавка флокулянтов – веществ, обеспечивающих агрегирование пластин коагулянтов и ускоряющих тем самым их осаждение. В качестве флокулянтов применяют клейкие вещества: крахмал, декстрин, силикатный клей. Весьма эффективным является синтетический флокулянт – полиакриламид (ПАА), широко используемый также при подготовке питьевой воды. Доза применения ПАА колеблется от 0,5 до 25 г/м<sup>3</sup> очищаемой жидкости. Внедряются в практику и другие коагулянты и флокулянты на основе активных полимеров, дозы применения которых в десятки раз меньше.

### 6.3 Устройства для выделения из сточных вод нерастворимых примесей под действием центробежных сил

Интенсификацию процессов осаждения взвешенных частиц из сточных вод осуществляют воздействием на них центробежных сил в специальных устройствах. К таким устройствам относятся гидроциклоны, центрифуги, сепараторы.

**Гидроциклоны.** Гидроциклоны - аппараты для осветления производственных сточных вод (для разделения суспензий). Принцип действия гидроциклона основан на осаждении твердых частиц под действием центробежных сил во вращающемся потоке жидкости. Центробежные силы примерно в сотни раз превышают силы тяжести (гравитационные).

К основным преимуществам гидроциклонов следует отнести:

- высокую производительность и высокое качество процессов разделения;
- компактность и простоту устройства;
- сравнительно низкие расходы на строительство и эксплуатацию установок;
- отсутствие вращающихся механизмов, предназначенных для генерирования центробежной силы (центробежное поле создается за счет тангенциального подвода сточной воды).

Гидроциклоны бывают двух типов: открытые и напорные (рисунок 6.3.1).

*Открытые гидроциклоны* работают при атмосферном давлении. Они используются для выделения как оседающих грубодисперсных примесей (в основном минерального происхождения) гидравлической крупностью более 0,2 мм/с, таких как песок, уголь, окалина, компоненты керамики, стекла, строительных материалов и т.п., так и всплывающих примесей. Их также можно применять для выделения скоагулированных взвешенных веществ. Подача воды в аппарат осуществляется из открытого резервуара. В рабочей зоне аппарата образуется вращательное движение потока, которое обеспечивается тангенциальным подводом сточных вод к цилиндрическому корпусу. Число впускных патрубков должно быть не менее двух для более равномерного распределения потока. Скорость впуска воды составляет 0,1-0,5 м/с. Диаметр цилиндрической части гидроциклона составляет 2-10 м.

Указанные устройства могут быть единичными и батарейными (мультициклоны). Существуют также многоярусные гидроциклоны, используемые для интенсификации процесса очистки. В них рабочий объем разделен на отдельные ярусы свободно вставляемыми коническими диафрагмами

*Напорные гидроциклоны* представляют собой аппараты, состоящие из цилиндрической и конической частей. Они используются для выделения только оседающих примесей. Подача воды в них осуществляется от насоса. Сточная вода подается тангенциально по трубе, расположенной в верхней цилиндрической части резервуара и приобретает вращательное движение. Осадок отводится через отверстие, а осветленная вода - через сливной патрубок.

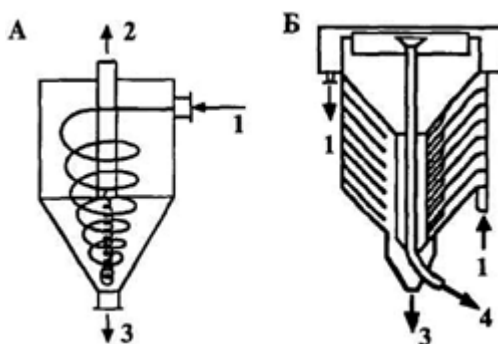


Рис.6.3.1 – Гидроциклоны:

А – вертикальный напорный; Б – многоярусный открытый  
 1 – загрязненная вода; 2 – очищенная вода; 3 – осадок (шлам);  
 4 – плавающие примеси (нефтепродукты, масла)

Движение воды происходит по винтовым пространственным спиральям. Под действием центробежных сил твердые частицы отбрасываются от центра к периферии, скапливаются у стенок, затем собираются в нижней конической части, сползают к шламовому отверстию, после чего удаляются. В напорном гидроциклоне формируются внешний и внутренний спиральные потоки воды, направление вращения которых совпадает. Внешний поток при вращении проходит цилиндрическую и коническую части гидроциклона и направляется к шламовому отверстию, а внутренний поток удаляется через сливной патрубков. Напор определяет окружную скорость в гидроциклоне и влияет на эффект очистки. Указанные гидроциклоны производятся с диаметрами цилиндрической части 100-500 мм.

Для более тонкой очистки необходимо уменьшение диаметра аппарата, но это ведет к снижению его производительности. Поэтому гидроциклоны малых диаметров (25-100 мм) объединяют в батарейные (мультигидроциклоны), состоящие из большого числа циклонных элементов (24-48 шт.), устанавливаемых параллельно, и имеющих единую систему питания. Такие гидроциклоны служат для очистки от мелкодисперсных примесей. Напорные гидроциклоны можно соединять в 2-3 ступени и последовательно для улучшения эффекта очистки (вначале аппараты большого диаметра, а затем - малого).

К недостаткам напорных гидроциклонов относятся значительный расход электроэнергии и быстрый износ аппарата (при работе с грубодисперсными примесями).

Многоярусные гидроциклоны используют для интенсификации процесса очистки. В них рабочий объем разделен на отдельные ярусы свободно вставляемыми коническими диафрагмами. Вследствие этого высота слоя отстаивания уменьшается. Вращательное движение позволяет полнее использовать объем яруса и способствует агломерации взвешенных частиц. Каждый ярус гидроциклона работает самостоятельно.

**Центрифугирование** для очистки сточных вод используется реже, чем методы осаждения и фильтрования. Это связано с тем, что центрифугирование является процессом энергоемким. Центрифуги бывают отстойные и фильтрующие. В процессах очистки сточных вод фильтрующие центрифуги используют для разделения грубодисперсных систем, отстойные - для разделения труднофильтрующихся тонко- и грубодисперсных суспензий, а также для классификации суспензий по размерам и плотности частиц.

В центрифугах поле центробежных сил обеспечивается за счет вращения корпуса. Центрифуги используются для удаления мелкодисперсных осадков из сточных вод. Применение центрифуг наиболее целесообразно и экономически оправдано в следующих случаях:

- для локальной очистки производственных сточных вод, когда выделенный осадок представляет собой ценный продукт, предназначенный для дальнейшего использования;
- при мелкодисперсном составе загрязнений в воде, когда для ее очистки не могут быть применены реагенты;
- для сокращения площади, на которой размещают установку;
- для обработки (обезвоживания) осадков сточных вод.

Центрифуги периодического действия целесообразно использовать при концентрации нерастворимых примесей в сточных водах не более 2-3 г/л и, если образующиеся осадки цементируются или характеризуются высокими абразивными свойствами.

Центрифуга представляет собой цилиндрический ротор со сплошными или перфорированными боковыми стенками (рисунок 6.3.2). Ротор укрепляется на валу, который приводится во вращение электродвигателем, и помещается в соосный цилиндрический неподвижный кожух. На внутренней поверхности ротора с перфорированными стенками закреплена фильтровальная ткань или тонкая металлическая сетка. Под действием центробежной силы суспензия разделяется на осадок и жидкую фазу (фугат). Осадок остается в роторе, а жидкая фаза удаляется из него. Различают центрифуги непрерывного и периодического действия.

**Сепараторами** называют центрифуги для разделения эмульсий.

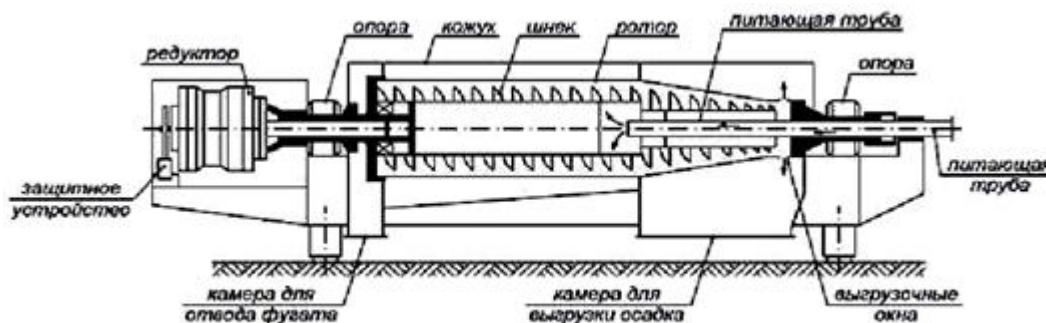


Рис. 6.3.2. Центрифуга

#### 6.4 Фильтрационные установки

Тонкодисперсные частички, которые не удается извлечь из жидкости в отстойниках, могут быть удалены с помощью фильтрования. Процесс фильтрования заключается в прохождении жидкости через пористую преграду, на которой осаждаются мелкодисперсные частицы. В качестве фильтрующего слоя используются зернистые материалы (песок, гранитная или мраморная крошка, керамзит и др.), ткани и нетканые полотна (хлопчатобумажные, шерстяные, синтетические, из асбеста, стекловолокна и др.), металлические сетки, перфорированные пластины, пористая керамика. Для ускорения процесса фильтрование производится под давлением или с помощью вакуума. Для извлечения нефтепродуктов, масел и других эмульгированных примесей применяются фильтры

из полиуретана. Эффективность удаления взвешенных и эмульгированных примесей методом фильтрования достигает 99% и более.

Фильтрационные установки применяются для глубокой очистки (доочистки) сточных вод после физико-химической или биологической очистки для последующего извлечения тонкодиспергированных веществ, пыли, масел, смол, нефтепродуктов и др. Фильтрованием называют процесс разделения суспензий и эмульсий с использованием пористых перегородок или зернистых слоев, которые задерживают диспергированную фазу и пропускают жидкость. В практике очистки сточных вод используют следующие процессы фильтрования:

- фильтрование через фильтровальные перегородки;
- фильтрование через зернистые слои;
- микрофильтрация;
- фильтрование эмульгированных веществ (нефтепродуктов и масел, находящихся в виде нестойких эмульсий).

Тип фильтрующего аппарата подбирают в зависимости от следующих факторов:

- количества воды, подлежащей фильтрованию;
- концентрации загрязнений, их природы и степени дисперсности;
- физико-химических свойств твердой и жидкой фаз;
- требуемой степени очистки;
- технологически, технико-экономических и других факторов.

#### 6.4.1 Фильтрование через фильтрующие перегородки

Наиболее часто применяется фильтрование через фильтрующие (пористые) перегородки (рисунок 6.4.1). При этом различают процесс фильтрования суспензии с образованием осадка, при котором она разделяется на чистый фильтрат и влажный осадок, а также фильтрование с закупориванием пор, при котором твердые частицы проникают в поры фильтровальной перегородки и задерживаются там, не образуя осадка.

Фильтровальная перегородка представляет собой существенную часть фильтрата, и от правильного выбора ее во многом зависят производительность фильтровального оборудования и чистота получаемого фильтрата. Фильтровальные перегородки изготавливают из хлопчатобумажных, шерстяных, стеклянных, керамических, углеродных и металлических материалов.

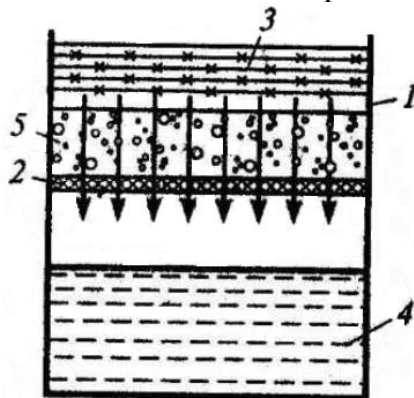


Рисунок 6.4.1 - Схема процесса фильтрования суспензии через фильтрующую перегородку

1 - фильтр; 2 - фильтровальная перегородка; 3 - суспензия; 4 - фильтрат; 5- осадок

#### 6.4.2 Процеживание на сетчатых барабанных фильтрах и микрофильтрах

В системах очистки сточных вод и обработки осадков используются различные фильтры периодического и непрерывного действия. Барабанные сетки и микрофильтры используют для задержания грубодисперсных примесей в процессах процеживания сточных вод, содержащих не более 300 мг/л взвешенных частиц.

Сетчатые барабанные фильтры относятся к фильтрам непрерывного действия. Основной частью этих сооружений является вращающийся барабан сварной конструкции, обтянутый сеткой. На поверхности барабана смонтированы фильтрующие элементы. Барабан погружен в воду на глубину 0,6-0,85 диаметра и вращается в камере со скоростью 0,1-0,5 м/с. Барабан приводится во вращение электроприводом. Очищаемая вода поступает внутрь барабана через открытую торцевую стенку и выходит радиально, фильтруясь через сетку. Задерживаемые сеткой примеси смываются с нее промывной водой под давлением 0,15-0,2 МПа и удаляются вместе с ней. Расход промывной воды составляет 1-2 % от количества очищенной воды. В зависимости от требуемой степени очистки и условий применения их можно оснащать сетчатым полотном с различной крупностью ячеек. В связи с этим сетчатые барабанные фильтры условно подразделяют на барабанные сетки и микрофильтры.

Сетчатые барабанные фильтры оснащены фильтрующей сеткой с крупными ячейками размером 0,3-0,5 мм. Фильтры предназначены для задерживания грубодисперсных примесей. В них происходит снижение содержания взвешенных веществ на 25-40%. Исходная концентрация взвеси в сточной воде должна быть не более 250 мг/л. При этом в очищаемых сточных водах должны отсутствовать вязкие вещества (смолы, битумы, масла), затрудняющие промывку сетки. Барабанные сетки чаще всего устанавливают перед зернистыми фильтрами для глубокой очистки сточной воды. Применение барабанных сеток для механической очистки производственных сточных вод допускается только в схемах полной биологической очистки с установкой их перед аэротенками.

#### 6.4.3 Фильтры с зернистой загрузкой

В промышленных условиях для очистки воды от механических примесей чаще всего используют зернистые материалы. К фильтрующим материалам предъявляют следующие требования: они должны быть химически устойчивыми к обрабатываемой воде, механически прочными и не должны загрязнять воду. Важной характеристикой таких материалов являются также их дешевизна и доступность. Чаще всего используются такие фильтрующие материалы, как кварцевый песок, керамическая крошка, опилки, керамзит, коксовая мелочь, дробленый антрацит, металлургический шлак, гранодиорит, шунгизит и т.п.

Фильтры классифицируют следующим образом:

- по рабочему давлению - открытые (самотечные) и закрытые (напорные);
- по скорости фильтрования - медленные (0,1-0,3 м/ч), скорые (7-16 м/ч) и сверхскоростные (25-100 м/ч);
- по направлению движения потока - с восходящим и нисходящим потоком;
- по крупности фильтрующего материала - мелко-, средне- и крупнозернистые;

- по числу фильтрующих слоев - одно-, двух- и многослойные.

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой бетонный или кирпичный резервуар, в нижней части которого имеется дренажное устройство для отвода воды. На дренаж укладывают слой поддерживающего материала, а затем фильтрующий материал. Вода под давлением проходит через слой фильтрующего материала, который необходимо периодически промывать от загрязнений. Регенерацию фильтров производят продувкой воздухом с последующей промывкой фильтра горячей водой (60-80°C). Промывочная вода обычно подается снизу вверх (метод обратной промывки фильтров)

Грязеемкостью фильтра называют количество загрязнений в кг, удаляемых с 1 м поверхности фильтрующего слоя в единицу времени. Грязеемкость фильтров с восходящим потоком больше, чем с нисходящим. В фильтрах с восходящим потоком наблюдаются заиливание дренажного устройства, коррозия труб и зарастание их карбонатами, поэтому чаще используются фильтры с нисходящим потоком.

При использовании медленных фильтров достигается высокая степень очистки сточных вод. К недостаткам медленных фильтров относятся: большие размеры, высокая стоимость и сложная очистка от осадка. Безнапорные фильтры обычно бывают с восходящим потоком жидкости.

Скоростные фильтры могут быть однослойными и многослойными. У однослойных фильтров фильтрующий слой состоит из одного и того же материала, у многослойных - из различных материалов, например, из слоя антрацита и песка. Многослойные фильтры также загружают однородным материалом с разной крупностью частиц. Многослойные фильтры работают более эффективно, чем однослойные. К недостаткам фильтров относятся значительная материалоемкость и сложность системы промывки. Сточные воды фильтруют через напорные фильтры сверху вниз. Продолжительность фильтрования в зависимости от состава сточных вод составляет 12-48 ч. Фильтры промывают через дренажную систему снизу вверх.

Напорные вертикальные фильтры с зернистой загрузкой применяются для механической очистки нефтесодержащих сточных вод после их гравитационного отстаивания. Фильтр представляет собой стальной вертикальный резервуар обычно заводского изготовления. Резервуар рассчитывается на давление 0,6 МПа. Загружается фильтр, как правило, кварцевым песком слоем 1 м. Скорость фильтрации в нем составляет 5-12 м/ч. Начальное содержание нефтепродуктов 4-80 мг/л, механических примесей - 30-60 мг/л. Остаточное содержание в воде нефтепродуктов допускается 7-20 мг/л, механических примесей - 10-20 мг/л.