

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова

О. Ю. Сартакова, Ю.С. Лазуткина

**ОСАЖДЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ
В ПЕСКОЛОВКАХ И ОТСТОЙНИКАХ**

Методические указания к лабораторной работе по курсу
"Технология водоподготовки и очистки сточных вод"
для студентов специальности 320700
"ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ"

Барнаул 2004

УДК 628.162

Сартакова О.Ю., Лазуткина Ю.С. Осаждение взвешенных частиц в песколовках и отстойниках: Методические указания к лабораторной работе по курсу "Технология водоподготовки и очистки сточных вод" для студентов специальности 320700 "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов"/ Алт. гос. техн. ун-т.им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004 – 16 с.

Рассмотрены физико-химические основы процесса осаждения взвешенных веществ в песколовках и отстойниках, изложена методика выполнения лабораторной работы по определению взвешенных веществ.

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры
"Химическая техника и инженерная экология" АлтГТУ.
Протокол № 9 от 28.06.04 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Отстаивание применяют для выделения из сточных вод твердых или жидких примесей под действием гравитационных сил. Для этого используют различные аппараты и сооружения: песколовки, первичные и вторичные отстойники, нефтеловушки, илоуплотнители и др.

Основным параметром, на основании которого рассчитывают размеры отстойной аппаратуры, является **скорость осадения взвешенных частиц в непроточной воде при постоянной температуре (гидравлическая крупность) U_0** .

При отстаивании мелких частиц малой плотности, осаждающихся с малой скоростью ($Re < 2$), когда на сопротивление движению частиц влияет только сила гравитации, скорость падения шарообразной частицы описывается **уравнением Стокса**. Этим же уравнением можно описать скорость стесненного осаждения, учитывая влияние концентрации взвешенных частиц и реологические свойства поправочным коэффициентом R :

$$U_0 = \frac{d^2 g (\rho_T - \rho_B)}{18 \mu_0} \cdot R, \quad R = \varepsilon \frac{\mu_0}{\mu_B}, \quad \varepsilon = \frac{V_B}{V_B + V};$$

где ε - объемная доля жидкой фазы;

V_B, V - объем соответственно жидкой (воды) и твердой фазы;

μ_0, μ_B - вязкость чистой и сточной воды.

Скорость осадения полидисперсной системы непрерывно изменяется во времени. Для таких систем кинетика осаждения устанавливается экспериментально и характеризуется кривой осаждения взвеси (рис. 1.).

На этом графике на оси абсцисс откладывают время осаждения τ , а на оси ординат - массу выпавшей взвеси по отношению к первоначальному ее содержанию в воде $M\%$.

Кривые выпадения взвеси характеризуют ее гранулометрический состав и поведение при отстаивании. Чем круче начальный участок кривой, тем больше крупность и неоднородность взвеси и тем скорее она осаждается.

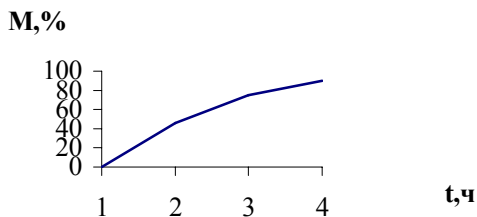


Рис. 1 – График кинетики осаждения взвеси

Эффект отстаивания определяется по формуле

$$\Theta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%,$$

где C_1, C_2 - соответственно начальная и конечная концентрация взвешенных веществ в воде.

Эффект отстаивания зависит от высоты слоя воды, в котором происходит осаждение. Строят графики на основании экспериментальных данных, полученных методом технологического моделирования процесса осаждения. Основой методики моделирования является подобие кривых выпадения взвесей, получаемых при различных высотах слоя воды

$$\frac{T}{\tau} = \frac{H}{h},$$

где τ, T, h, H - соответственно время и высота слоя воды (осаждения взвеси) при моделировании и в реальных условиях.

Для агломерирующих взвесей указанная зависимость становится непрямолинейной и выражается соотношением

$$\frac{T}{\tau} = \left(\frac{H}{h} \right)^n,$$

где n - показатель степени, отражающий влияние агломерации в процессе осаждения, его значение рекомендуют принимать в зависимости от степени агломерации частичек до осаждения в пределах 0,2-0,5 (большие значение принимается для крупных, сформированных хлопьев).

Необходимое для расчетов отстойников значение гидравлической крупности определяют по кривым кинетики осаждения, получаемым экспериментально, с приведением лабораторных значений к реальным условиям проектируемого отстойника по формуле

$$U = \frac{H}{\tau \left(\frac{H}{h} \right)^n} \sqrt[3]{\frac{\mu_n}{\mu_d}}$$

где μ_d, μ_n - вязкость воды в лабораторных и производственных условиях (с учетом реальной температуры).

Песколовки

Песколовки предназначены для удаления из воды тяжелых минеральных примесей (главным образом песка); обычно улавливают частицы размером 0.2 – 0.26 мм. Их сооружают из сборных железобетонных элементов стандартных размеров.

В системе водоочистки наибольшее применение нашли песколовки с горизонтальным прямолинейным движением воды, горизонтальные с круговым движением воды, круглой формы с тангенциальным подводом воды и аэрируемые.

Горизонтальные песколовки – это удлиненные прямоугольные в плане сооружения с прямолинейным движением воды. Принимают глубину песколовки $H = 0.25 - 1$ м, соотношение ширины и глубины $B/H = 1/2$. Среднюю скорость движения воды принимают $w=0,3$ м/с, продолжительность пребывания воды в песколовке 30 с. Для поддержания в песколовке постоянной скорости воды на выходе из песколовки устанавливают водослив с широким порогом. **Песок удаляют** из приемков один раз в смену **механически – скребками и гидромеханически – смывая водой (рис.2).**

Песколовки с круговым движением воды является разновидностью горизонтальных песколовок (рис.3). Вода подводится и отводится из них по лоткам. Эти песколовки применяют при расходах воды 7000 м³ / сут.

Тангенциальные песколовки. Вода подводится по касательной. Проточная часть песколовки имеет небольшую глубину. При скорости движения воды в главном лотке $w=0,6 - 0,8$ м/с в песколовке задерживается примерно 90% песка. Осажденный песок удаляют шнеком, гидрозелеватором или смывают водой (рис.4).

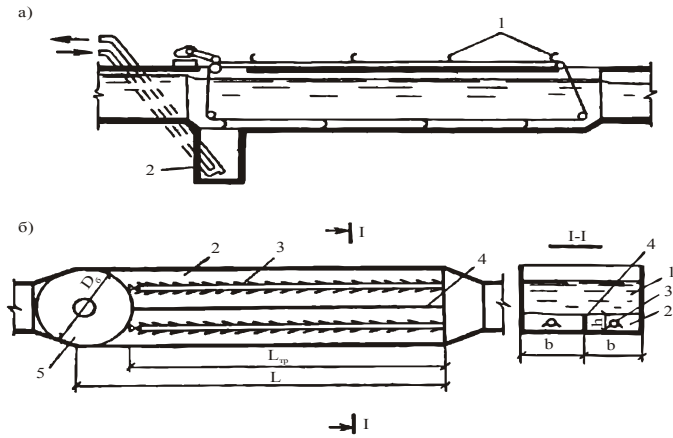


Рис. 2. Горизонтальные песколовки:

а- с механическим удалением осадка, 1-цепной скребковый механизм; 2- гидроэлеватор; б- с гидромеханической системой удаления осадка, 1- рабочая зона; 2- песковой лоток; 3- смывной трубопровод; 4- перегородка; 5- песковой бункер

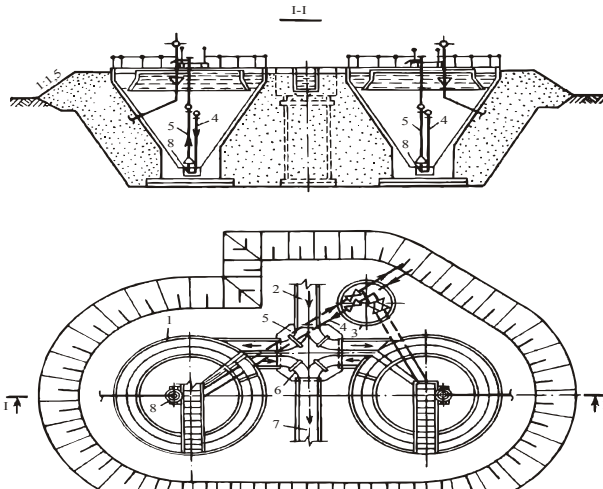


Рис.3. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды

1-корпус; 2- лоток для подачи очищаемой воды; 3- камера переключения; 4- трубопровод рабочей воды; 5- пульпопровод; 6- затворы на лотках; 7- лоток для отвода воды; 8- гидроэлеватор

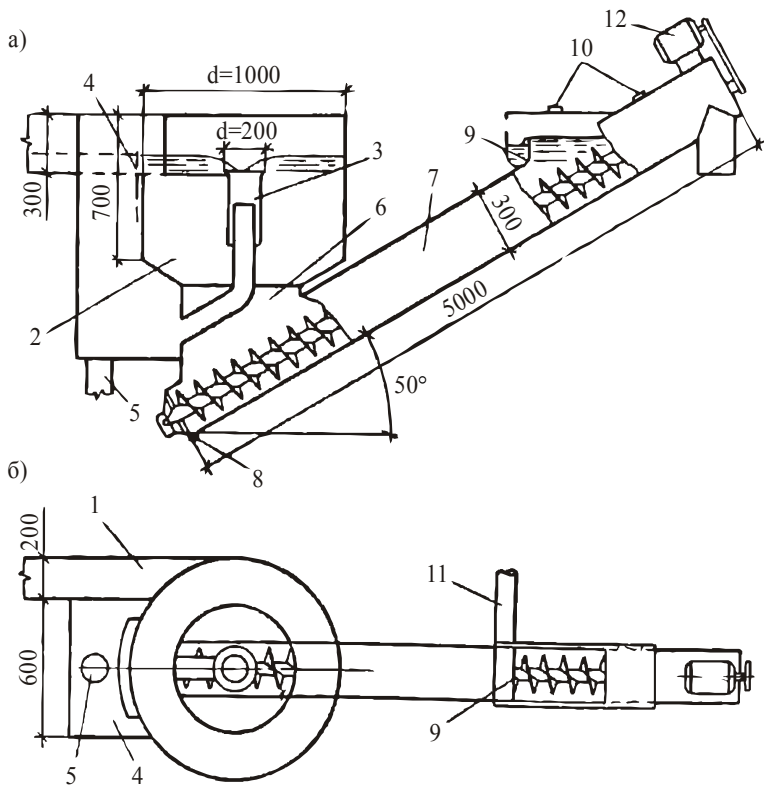


Рис.4. Тангенциальная песколовка со шнековым пескопромывателем:
 а- продольный разрез; б- план
 1-подводящий лоток; 2- рабочая часть; 3- телескопическая труба;
 4- подвижный боковой водослив; 5- отводящий трубопровод;
 6- осадочная часть; 7- шнек; 8- пробка; 9- водослив для отвода
 отмытых органических веществ; 10 крышки; 11- отвод органических
 веществ; 12- электродвигатель с редуктором

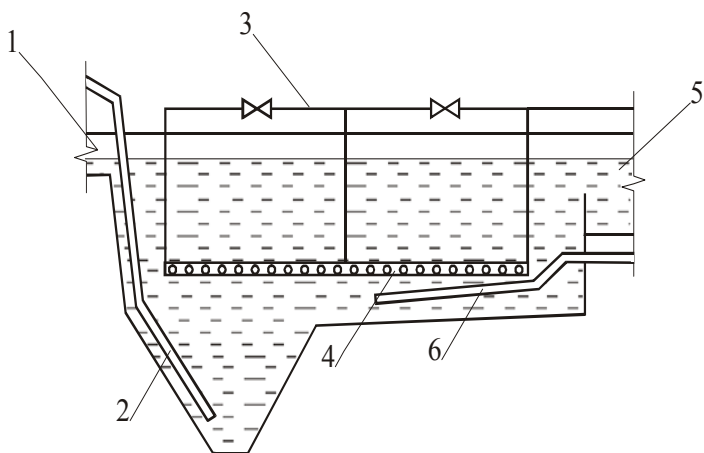


Рис.5. Аэрируемая песколовка:
 1 – подача воды, 2 – отведение осадка, 3 – воздуховоды,
 4 – аэратор, 5 – отвод осветленной воды, 6 – подача
 воды для смыва осадка

Аэрируемые песколовки. Эти сооружения применяют в тех случаях, когда требуется наиболее полное разделение примесей по крупности. Эти установки дополнены аэратором в виде перфорированных труб, через которые подается воздух (рис.5).

Воздух способствует вращению воды в песколовке и, тем самым, ускоряет процесс отмывания песка от налипших органических частиц. Отмытый песок не загнивает и является относительно стабильным при хранении на песковых картах.

Отстойники

Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод, используется для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных веществ органического происхождения. Различают **первичные отстойники**, которые устанавливают перед сооружениями физико-химической очистки или биологической и **вторичные отстойники** – для выделения из воды активного ила или биопленки.

В зависимости от направления движения воды отстойники подразделяют на **горизонтальные, вертикальные и радиальные**.

В большинстве случаев эффективность составляет 40-60% при продолжительности отстаивания 1–1,5 ч.

Для повышения эффективности осаждения в воду вводят коагулянты и флокулянты.

Горизонтальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 15 тыс.м³/сут. Скорость движения воды 5-12 мм/с.

Горизонтальный отстойник представляет собой железобетонный прямоугольный в плане бассейн с прямолинейным горизонтальным движением воды. Вода подводится к одной из торцевых стенок отстойника проходит через перфорированный экран, либо огибает отражательную перегородку, при этом происходит равномерное распределение воды по всему живому сечению аппарата и отбой крупных взвешенных частиц. Далее вода движется вдоль отстойника до противоположной торцевой стенки. Осветленная вода собирается в карман и отводится по трубам. Взвешенные вещества, находящиеся в воде выпадают в осадок под действием гравитационных сил. Глубина отстойника достигает 1,5 – 4 м, отношение длины к глубине 8 – 20. Ширина зависит от способа удаления осадка и обычно находится в пределах 6-9 м.

Отстойники часто оборудуют скребковыми механизмами ленточного типа, сдвигающими выпавший осадок в приямок. Объем приямка равен двухсуточному количеству выпавшего осадка (не более). Из приямка осадок удаляют насосами, гидроэлеваторами, грейферами, или под гидростатическим давлением. Угол наклона приямка принимают равным 50 – 60°. При отсутствии скребков, днище отстойника имеет уклон к приямку не менее 0.005.

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 тыс.м³/сут. Эти отстойники подразделяют на отстойники с центральным впуском, с периферийным впуском и с вращающимся сборно-распределительным устройством.

Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости (рис.6). Вода, подаваемая в отстойник снизу к его центру, проходит через дырчатый успокоитель (камеру гашения напора) и далее движется от центра к периферии. Скорость движения воды на середине радиуса равна 5-10 мм/с.

Концентрически расположенные живые сечения общего радиального потока непрерывно увеличиваются, что при постоянстве расхода означает такое же уменьшение скорости движения воды от максимального значения в центре, до минимального на периферии.

Отстойная вода собирается в кольцевой сборный лоток и отводится. Такие гидравлические условия движения воды весьма благоприятны для отстаивания.

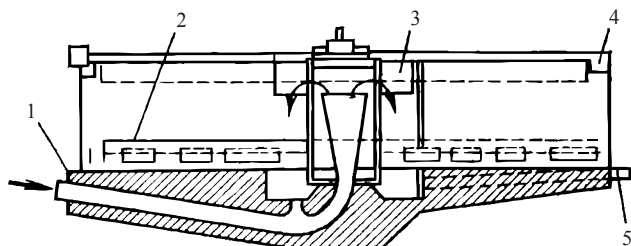


Рис.6. Схема устройства радиального отстойника
1-трубопровод для подачи воды; 2- скребки;
3- распределительная чаша; 4- водослив; 5- отведение осадка

Диаметр отстойника от 18 до 40 м, глубина 3.4 - 4 м, пропускная способность при времени отстаивания 1.5 ч составляет 525 и 3054 м³/ч, соответственно.

Первичные радиальные отстойники оборудованы илоскребами, сдвигающими выпавший осадок к приемку, расположенному в центре. Из приемка осадок удаляется насосом или под действием гидравлического давления. **Вторичные отстойники оборудованы вращающимися илососами**, которые удаляют активный ил непосредственно из слоя осадка без сгребания его в приемок.

Часто конструкцию дополняют **зубчатым водосливом** позволяющим предотвратить попадание всплывающих примесей в очищенную воду, переливающуюся в кольцевой сборный лоток, а также способствующим аэрации очищенной воды.

Вертикальные отстойники применяют на станциях производительностью до 20 тыс. м³/сут. Это круглые или квадратные в плане резервуары диаметром 4 – 9 м с коническим или пирамидальным днищем. Общая высота отстойников варьируется от 5,4 до 9 м. Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу (рис.7). Поток воды выходящей из трубопровода подачи попадает в цилиндрический вкладыш, где замедляет свое течение и, разворачиваясь, начинает двигаться вниз. Затем, выходя в основную камеру отстойника, вновь разворачивается и совершает восходящее движение с меньшей скоростью по вертикали, а затем движется в радиальном направлении от центра к водосборному лотку.

Важно, что бы скорость восходящего потока (0,2 – 0,7 мм/с) не превышала скорость осаждения частиц. Твердые частицы примесей теряют кинетическую энергию на поворотах потока и осаждаются в коническом днище. Эффект очистки в таких отстойниках несколько ниже, но при этом существенным достоинством их является компактность, что обуславливает широкое применение данной конструкции при ограниченных производственных площадях.

Возможность увеличить компактность сооружения, сократить время отстаивания и повысить эффект очистки появляется при использовании **тонкослойных элементов** в рассмотренных выше конструкциях. Тонкослойные блоки представляют собой пластинчатые или трубчатые наклонные элементы (угол наклона 45 – 60°), разделяющие отстойную зону на ряд слоев небольшой глубины (до 150 мм). При малой глубине отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников. Ламинарный режим течения потока, формирующийся между наклонными элементами, также способствует повышению эффекта очистки воды. Элементы выполняют из стали, алюминия и пластмассы (полипропилена, полиэтилена, стеклопластиков).

Тонкослойные блоки могут быть монтированы в отстойники любого типа.

Горизонтальный и радиальный отстойники с трубчатыми тонкослойными блоками представлены на рисунке 8.

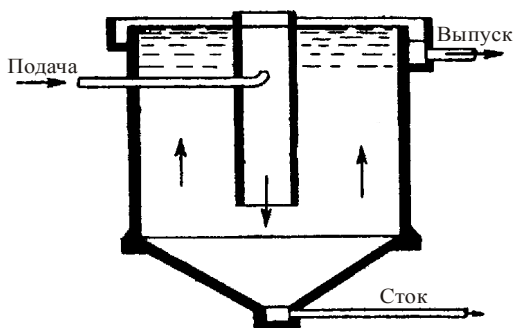


Рис.7 Схема устройства вертикального отстойника

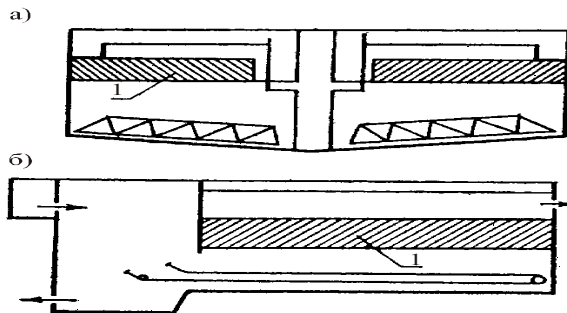


Рис.8. Тонкослойные отстойники со встроенными трубчатыми секциями:
а- горизонтальный; б- вертикальный, 1- трубчатые секции

Экспериментальная часть и обработка результатов эксперимента

Осаждаемость взвесей определяют путем проведения лабораторных анализов в цилиндрах-отстойниках при статическом отстаивании воды. Схема установки представлена на рисунке 9.

Цилиндры заполняют исследуемой водой, содержащей взвесь определенной концентрации C_0 , до метки $h=500$ мм и устанавливают в помещении с постоянной температурой, близкой к температуре исследуемой воды.

Взвесь приготавливают из средней фракции растолченного мела, полученной с помощью ситового анализа, двух различных концентраций 500 и 1000 мг/л. Пробы оставляют спокойно стоять. Время отстаивания принимают для всех цилиндров разным, возрастающим от первого цилиндра к последнему (30, 60, 90 мин.).

Количество выпавшей в осадок взвеси в последнем цилиндре должно составлять 80-90 % начального содержания.

По истечении заданного для каждого цилиндра времени отстаивания верхний слой воды на некоторую глубину h (100 мм) осторожно сливают сифоном 2 и определяют в этих пробах содержание взвешенных веществ C_2 по методике, приведенной ниже.

Отношение веса выпавшего осадка (C_1-C_2) к количеству взвешенных веществ в исходной смеси C_1 , выраженное в %, характеризует осаждаемость взвеси различной крупности (Ξ), выпадающей в осадок с высоты h за определённое время (эффект осветления воды):

$$\Theta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100,$$

Где C_1 - концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л ;
 C_2 – концентрация взвешенных веществ, оставшихся в слое воды высотой h после выпадения в осадок взвеси за время τ (мин), мг/л.

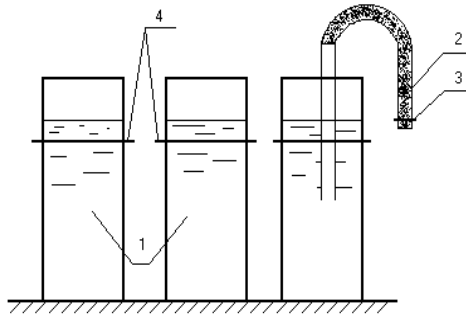
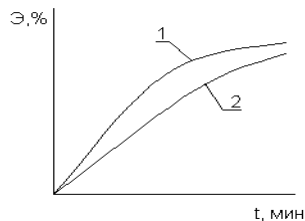


Рисунок 9 – Установка для определения осаждаемости взвесей
 1-цилиндры; 2-сифон; 3-зажим; 4-крепление цилиндров

Проводят две серии опытов с различным содержанием взвесей в исследуемой воде C_1 . По этим данным по приведённой в работе программе рассчитывают гидравлическую крупность взвесей, осаждение которых производилось в данной работе.

Строят график зависимости эффекта осветления Θ (%) от продолжительности отстаивания τ (мин.) для каждой серии опытов (рис. 10).



1 - при $C_1 = 1000$ мг/л

2 - при $C_1 = 500$ мг/л

Рисунок 10 – Зависимость эффекта отстаивания от времени и начальной концентрации взвешенного вещества

Полученные результаты сводят в таблицу:

Продолжительность отстаивания τ , мин при концентрации взвешенных веществ C_1 , мг/л		Эффект осветления воды, %
500 мг/л	1000 мг/л	
30	15	50
60	30	70
90	45	90

Определение взвешенных веществ

Отобранную после отстаивания пробу тщательно взбалтывают и быстро, не давая осесть взвеси, отбирают мерным цилиндром 100 мл и фильтруют через предварительно взвешенный бумажный фильтр. Если фильтрат мутный, его следует профильтровать вторично через тот же фильтр. Взвешенные вещества на фильтре промывают небольшим количеством холодной воды. Дав воде полностью стечь, помещают фильтр в предварительно взвешенный бюкс и высушивают при температуре 105 С до постоянного веса.

После охлаждения бюкс с фильтром и высушенным осадком взвешивают. Содержание взвешенных веществ определяют по формуле

$$C_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000}{V},$$

где m_1 – вес бюкса с бумажным фильтром, мг;

m_2 – вес бюкса с фильтром и взвешенными веществами после высушивания, мг;

V – объем пробы, взятой для определения, мл.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Понятие гидравлической крупности.
2. Кинетические кривые осаждения.
3. Определение эффекта отстаивания.
4. Аппаратурное оформление процесса отстаивания (песколовки, отстойники)
5. Факторы, влияющие на процесс отстаивания.
6. Методика определения взвешенных веществ в пробе воды.

Рис.5.
Аэрируема
я
песколовка
:
1 подана

Ольга Юрьевна Сартакова,
Юлия Сергеевна Лазуткина

**ОСАЖДЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПЕСКОЛОВКАХ И
ОТСТОЙНИКАХ**

Методические указания к лабораторной работе по курсу
"Технология водоподготовки и очистки сточных вод"

Редактор Е. Федяева

Подписано в печать 28.06.04. Формат 60x84 1/16.
Печать-ризография. Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,85.
Тираж 50 экз. Заказ 2004

Издательство Алтайского государственного технического
университета им. И.И. Ползунова,
656099, г. Барнаул, пр-т Ленина,46

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР№ 020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД № 28-35 от 15.07.97г.