

КАЗАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра безопасности жизнедеятельности и права

## ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Методические указания к практическому  
занятию для студентов специальностей  
2903, 2906, 2907, 2908, 2910

Казань 2001

Составители: А.В. Шарафутдинова, Р.А. Хузиахметов,  
В.И. Корчагина

Очистка промышленных сточных вод: методические указания к практическому занятию для студентов специальностей 2903, 2906, 2907, 2908, 2910/Каз. госуд. архит.-строит. академия, Составители: А.В. Шарафутдинова, Р.А. Хузиахметов, В.И. Корчагина. Казань, 2001. – 13с.

В методических указаниях приведены основные сведения о сооружениях по механической очистке сточных вод и рассматриваются расчеты фильтровальных аппаратов.

Табл. – 3, рис. – 4, библиогр. – 4.

Рецензент – Зав. кафедрой ОПП КГТУ (КХТИ) проф. д.т.н.  
Николаев Н.А.

© Казанская государственная архитектурно-  
строительная академия,  
2001.

Цель работы: освоение методики расчета фильтрационной очистки сточных вод от твердых взвесей при проектировании фильтровальных аппаратов с заданной производительностью

Задачи работы:

- 1) Ознакомление с основными методами очистки промышленных сточных вод;
- 2) Ознакомление с элементами сооружений систем механической очистки сточных вод;
- 3) Расчет фильтровальных аппаратов, используемых при механической очистке сточных вод

### Общие положения

Технологические процессы современных производств характеризуются использованием значительного количества воды. предприятия черной и цветной металлургии загрязняют используемую воду окалиной, известью с примесью. В водных стоках рудообогатительных предприятий содержится до 30% механических примесей пустой породы. На коксохимических заводах в стоках присутствуют угольная пыль, масла, легкие и тяжелые смолы. На нефтепромыслах отработанная вода включает в свой состав, главным образом, нерастворимые минеральные примеси и глинистые частицы. Древесная целлюлоза, являющаяся исходным материалом при производстве вискозного волокна, обрабатывается раствором едкого натра, далее сероуглекислым газом, и при этом в сточные воды поступает значительное количество вискозы.

Волокна, содержащиеся в сточных водах бумажной, текстильной и других отраслей промышленности, вызывают анаэробное гниение водоемов, а белковые соединения разлагаются с выделением сероводорода.

Следует учесть, что практически во всех производствах в числе загрязнителей стоков могут находиться ценные примеси, являющиеся потерями производства. Извлечение и утилизация таких примесей, снижение степени загрязненности стоков, облегчает их последующую очистку, а также регенерация этих веществ позволяет получить непосредственный экономический эффект за счет возврата их в производственный цикл или получения нового ценного продукта. отработанные сточные воды перед сбросом в водоемы и водостоки должны быть очищены и должны соответствовать гигиеническим нормативам.

Все методы очистки подразделяются на четыре основных вида: механическую, физико-химическую, химическую и биологическую очистку.

Определяющую роль при выборе метода очистки производственных сточных вод играет физическое состояние содержащихся в них загрязнителей. Если размер частиц превышает  $10^{-6}$  м, то частицы имеют

характер механических примесей в воде и извлекаются методами механической очистки (отстаивание, процеживание, центрифугирование и фильтрование).

Фильтрование – процесс разделения неоднородных систем (суспензий) при помощи перегородок, которые задерживают одни фазы (механические примеси) и пропускают через себя другие (вода).

Для разделения суспензии (жидкость с механическими примесями) на фильтрат (например, вода) и осадок (механические примеси) с помощью фильтровальной перегородки на практике, на крупных заводах, используются как аппараты периодического действия (внутрицеховая очистка), так и аппараты непрерывного действия (локальная очистка).

Во всех аппаратах фильтровальные перегородки выбираются так, чтобы размеры отверстий в них были меньше характерного размера частиц. Такой выбор фильтровальной перегородки позволяет удерживать примеси на ней, не препятствуя удалению фильтрата из аппарата.

Схема аппарата периодического действия приведена на рис. 1. принцип работы такого аппарата заключается в том, что в аппарат подается суспензия под давлением  $P_1$  ( $P_1 > P_a$ ). На перегородке начинает собираться слой осадка, который в дальнейшем сам удерживает примеси. Перепад давления ( $P_1 - P_a$ ) является движущей силой процесса удаления фильтрата из аппарата. По мере работы аппарата слой осадка  $h$  становится достаточно большим, что в свою очередь, за счет увеличения сопротивления осадка, и делает процесс набора осадка (т.е. процесс разделения суспензии) малоэффективным. поэтому при некотором  $h = h_{кр}$  процесс останавливается. Фильтровальная перегородка очищается от слоя примеси, и далее процесс очистки повторяется по тому же циклу.

К аппаратам непрерывного действия относятся барабанные вакуум-фильтры. Схема такого аппарата приведена на рис. 2. Процесс набора осадка (т.е. удаление примеси) происходит на участке  $\varphi_1$ . Движущей силой процесса разделения, так же как и в аппарате периодического действия, является разница между давлением в суспензии и давлением в полости вакуум-фильтра (т.е. на фильтровальной перегородке). Разница состоит в том, что внутри аппарата создается давление  $P_1$  ( $P_1 < P_a$ ), с помощью компрессорного аппарата, а самой суспензии, в данном случае, давление  $P_a$  – атмосферное, а  $P_1 = 0,6 \div 0,9$  атм.

За счет изменения давления по слою осадка в нем создается напряженное состояние, которое приводит к переупаковке частиц в осадке и осадок рассматривается как сжимаемый.

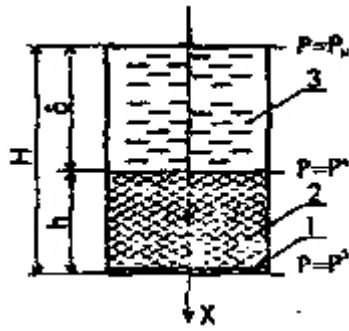


Рис. 1. Схема фильтровального аппарата периодического действия

- 1- фильтровальная перегородка;
- 2 – осадок;
- 3 – суспензия.

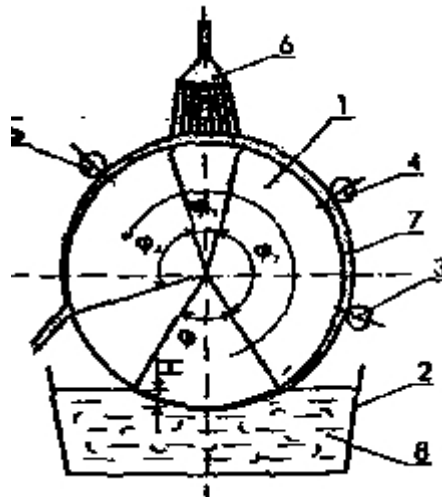


Рис. 2. Схема устройства барабанного вакуум-фильтра

- 1 – барабан;
- 2 – корыто;
- 3, 4, 5 – отжимные катки;
- 6 – ороситель;
- 7 – осадок;
- 8 – суспензия.

Задача №1. На химкомбинате, использующем вискозное волокно при производстве, в сточной воде содержатся мельчайшие частицы вискозы. Требуется определить производительность аппарата периодического действия по очистке сточных вод от твердых взвесей (волокон) методом фильтрации через металлическую сетку. Необходимо определить время  $T$ , с за которое объем суспензии  $V_c$  профильтруется, и массу  $H$ , кг вискозного волокна, снимаемого с сетки после фильтрации.

Таблица 1

Вар	$\rho_1$ кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$F$ , м <sup>2</sup>	$c$	$P_n$ , Па	$V_c$ , м <sup>3</sup>
1	1620	1000	0,126	$0,62 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^5$	0,1
2	1680	1000	0,2	$0,31 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^5$	0,12
3	1700	1000	0,225	$0,93 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^5$	0,15
4	1650	1000	0,15	$0,85 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^5$	0,2
5	1720	1000	0,115	$0,42 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^5$	0,3
6	1610	1000	0,13	$0,74 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^5$	0,25
7	1630	1000	0,14	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^5$	0,65
8	1710	1000	0,138	$1,24 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^5$	0,8
9	1670	1000	0,117	$1,15 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^5$	0,7
10	1715	1000	0,125	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^5$	0,7
11	1800	1000	0,185	$0,67 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^5$	0,4

$V_c$  - объем суспензии, м<sup>3</sup>;

$\rho_1$  - плотность твердых частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  - площадь металлической сетки, м<sup>2</sup>;

$c$  – объемная концентрация твердых частиц в сточной воде;

$P_n$  - давление в аппарате, Па.

Порядок расчета:

1. Определяется безразмерное напряжение на фильтровальной сетке, возникающее из-за перепада давления между  $P_n$  и  $P_a$ , где  $P_n$  – давление в аппарате,  $P_a$  – давление за сеткой (атмосферное),  $P_a = 10^5$  Па:

$$\sigma = \frac{P_n - P_a}{P_a}$$

2. Определяется коэффициент межфазового взаимодействия  $f$  между твердой и жидкой фазами в суспензии:

$$f = 0,185 * 10^{13} * c^{3,375}, \text{ кг/ (м}^3 \cdot \text{с)}$$

3. Используя экспериментально полученные кривые рис. 3, 4, определяется  $m$  – средняя по толщине пористость осадка и  $k$  – суммарная проницаемость осадка.

4. Рассчитывается коэффициент расслоения, зависящий от концентрации твердых частиц в сточной воде:

$$\varphi(c) = \frac{C^2(1-C)^2(\rho_1 - \rho)q^* \cos \alpha}{f}, \text{ м/с}$$

где

$$f = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$\cos \alpha = 1, \text{ т.к. } \alpha = 0$$

5. Вычисляется время фильтрования суспензии:

$$T = \frac{1-c-m}{(\varphi(c))^2} P_a \cdot k \cdot c [A - \ln(A+1)], \text{ с}$$

где

$$A = \frac{\varphi(c) \cdot V_c}{P_a \cdot F \cdot (1-m)k}$$

6. Определяется масса волокна, снятого с сетки за время  $T$ :

$$M = \rho \cdot F \cdot \sqrt{2P_a \cdot k \cdot \frac{1-c-m}{c}} \cdot T, \text{ кг}$$

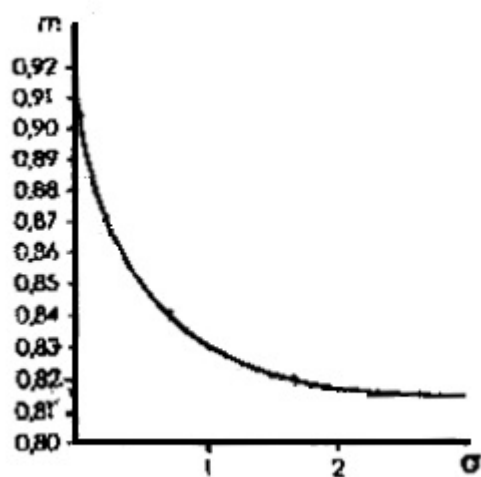


Рис. 3. Зависимость средней пористости осадка  $m$  от сжимающего напряжений  $\sigma$

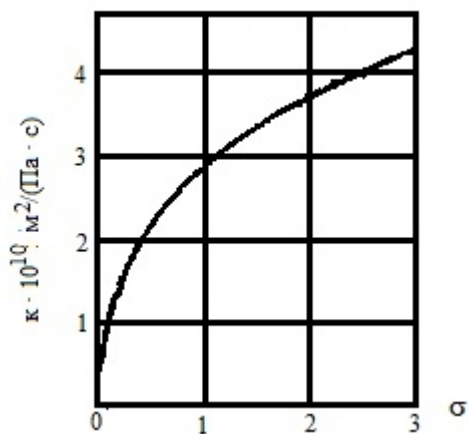


Рис. 4. Изменение  $k$  от безразмерного сжимающего напряжения  $\sigma$



Задача №2 В сточные воды завода ЖБИ попадают мельчайшие частицы исходного сырья (мелкие камни, песок, стружка и т.д.). Для очистки стоков от твердых взвесей на предприятии используют барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия. Определить массу отходов, снимаемых с барабана за 1 час его работы.

Таблица 2

Вар	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	R, м	H, м	$\varphi_1$ , рад	c	P <sup>0</sup> , Па	w, 1/с
1	1620	1000	0,9	0,9	1,4	$0,62 \cdot 10^{-2}$	$0,8 \cdot 10^5$	0,02
2	1810	1000	1	0,9	1,38	$0,31 \cdot 10^{-2}$	$0,8 \cdot 10^5$	0,02
3	1650	1000	1,2	0,8	1,35	$0,34 \cdot 10^{-2}$	$0,9 \cdot 10^5$	0,03
4	1715	1000	1,15	0,8	1,3	$0,98 \cdot 10^{-2}$	$0,9 \cdot 10^5$	0,03
5	1580	1000	1,2	0,7	1,25	$0,42 \cdot 10^{-2}$	$0,85 \cdot 10^5$	0,025
6	1630	1000	0,9	0,7	1,23	$0,74 \cdot 10^{-2}$	$0,85 \cdot 10^5$	0,025
7	1780	1000	0,8	0,75	1,2	$1,24 \cdot 10^{-2}$	$0,75 \cdot 10^5$	0,027
8	1770	1000	0,9	0,75	1,18	$1,15 \cdot 10^{-2}$	$0,75 \cdot 10^5$	0,027
9	1590	1000	1,1	0,85	1,15	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$0,7 \cdot 10^5$	0,028
10	1670	1000	1,2	0,85	1,2	$0,67 \cdot 10^{-2}$	$0,7 \cdot 10^5$	0,028
11	1650	1000	1,2	0,95	1,18	$0,85 \cdot 10^{-2}$	$0,8 \cdot 10^5$	0,03

$\rho_1$  – плотность твердых частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

R – радиус барабана, м;

H – ширина барабана, м;

$\varphi_1$  – угол, на который барабан опущен в корыто с СВ, рад;

c – объёмная концентрация твердых частиц в сточной воде;

P<sup>0</sup> – давление внутри аппарата, Па;

w – угловая скорость вращения барабана, 1/с.

Порядок расчета:

Порядок расчета аналогичен порядку расчета, приведенного для решения задачи №1 (пункты 1,2 и 3). Далее определяется масса отходов твердых частиц, снимаемых с барабана за 1 час:

$$M = (3600) \cdot \rho_1 \cdot R \cdot H \cdot (1 - m) \sqrt{\frac{2P_a \cdot c \cdot w \cdot k \cdot \varphi_1}{1 - c - m}}, \text{ кг.}$$

Задача №3 Определить экономический ущерб от сброса вредных веществ в водоём заводом ЖБИ по следующим данным: масса взвешенных веществ и сухого остатка по данным задачи №2 ( $A_i$  взв.в. = 0,05 усл т/м) и другие вредные вещества по варианту из табл.3.

Таблица 3

Вариант	Наименование водоема	Название вещества	Общие массы годового сброса в-ва в водоем, т	Константа $A_i$ , усл м/т
1	Р. Волга	Сульфаты	3460	0,002
		Хлориды	1600	0,003
2	Оз. Кабан	Азот общий	1400	0,1
		БПК	16000	0,33
3	Р. Кама	Хлориды СПАВ	1000	0,003
			280	2
4	Озеро	Формальдегиды	370	10
		Стирол	1200	10
5	Озеро	Медь Аммиак	815	100
			1750	20
6	Р. Волга	Нефть Мышьяк	1420	20
			575	20
7	Р. Казанка	Цианиды Азот общий	1100	20
			2000	0,1
8	Р. Волга	Цинк Хлориды	360	100
			1800	0,003
9	Озеро	Аммиак Нефть	170	20
			3000	20
10	Озеро	Сульфаты Медь	820	0,002
			390	100

Порядок расчета:

Экономический ущерб  $Y$ , руб/год от сброса загрязняющих примесей в водоем предприятием определяется по формуле:

$$1) \quad M = \sum_{i=1}^N A_i \cdot m_i$$

где

$i$  – номер сбрасываемой примеси;

$N$  – общее число вредных веществ, сбрасываемых в водоем;

$A_i$  – показатель относительной опасности сброса вещества в водоемы, усл.т/т (вариант)

$m_i$  – общая масса годового сброса  $i$ -ой примеси, т/год.

$$2) \quad Y = \gamma \cdot \sigma_k \cdot M$$

$Y$  – оценка ущерба, руб/год;

$\gamma$  – стоимостный множитель, определяющий ценовую величину сброса единицы загрязнителей, руб/усл.т. (в 1995 г - 2,4 долл/т = 70 руб/т)

$\sigma_k$  – показатель относительной опасности (для р. Кама – 0,5; р. Волга – 0,7; мелкие реки и озера – 2,6)

$M$  – приведенная масса годового сброса примесей в водоем, усл.т/год.

## Контрольные вопросы

1. На какие основные виды подразделяются методы очистки сточных вод?
2. Что такое фильтрование?
3. Назовите виды извлечения взвешенных частиц при механической очистке?
4. Исходя из чего выбираются фильтровальные перегородки?
5. Что является движущей силой процесса удаления фильтрата из аппарата очистки периодического действия?
6. Что такое суспензия?
7. Что такое фильтрат?
8. В чем заключается расчет барабанного вакуум-фильтра?
9. Как рассчитывается фильтровальный аппарат периодического действия?
10. Как определяется экономический ущерб от сброса загрязняющих веществ в водоем?

## Литература

1. Базякина Н.А. Очистка концентрированных сточных вод. М.: Госстройиздат, 1958. – 235с.
2. Роев Р.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. М.: Недра, 1987. – 223с.
3. Копылов В.А. Очистка сточных вод и уплотнение осадков целлюлозно-бумажного производства. // Лесная промышленность, 1983, №5 – с.15-16
4. Экономический ущерб и платежи за загрязнение окружающей природной среды. Учебное пособие КФЭИ. Казань.