

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение дисциплины «Проектирование оборудования предприятий строительной индустрии» предполагает выполнение трех контрольных работ. Каждая из них состоит из одной задачи.

Выполнение контрольных работ и курсовой работы рекомендуется производить в соответствии с вариантом, номер которого определяется по следующей формуле:

$$N = A - B \cdot k,$$

где  $A$  — число, состоящее из двух последних цифр номера зачетной книжки студента;  $B$  — число вариантов в контрольной работе;  $k$  — коэффициент, равный 0, 1, 2, 3 или 4, при котором число  $N$  будет меньше  $B$ .

Если  $N$  является величиной, кратной двум, то и номер задачи должен быть таким же. В противном случае номер задачи должен быть нечетным. Выбор конкретной задачи определяется по последней цифре зачетной книжки.

При выполнении контрольных работ и курсовой работы следует использовать настоящие методические указания по курсу «Проектирование оборудования предприятий строительной индустрии» для подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство».

Тематика первой контрольной работы связана с основными закономерностями процесса разделения. Тематика второй — с расчетом конкретного оборудования для реализации процесса разделения. Тематика третьей — с расчетом питателей. В четвертом разделе представлен технологический расчет барометрического конденсатора.

# ВВЕДЕНИЕ

Процессы, связанные с разделением неоднородных систем, широко представлены в промышленности строительных материалов и играют значительную роль при подготовке сырья и его обогащении, очистке сточных вод и готового продукта, выделении ценных продуктов. Из всех возможных методов разделения будем рассматривать лишь те, которые реализуются на основе следующих принципов:

- осаждение;
- взвешивание;
- фильтрование.

**Осаждение** — процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы в результате действия: сил тяжести (отстаивание), центробежной силы (циклонирование и центрифугирование), сил инерции, электростатических сил (очистка газов в электрическом поле).

Взвешивание и осаждение используются в процессах гидроклассификации и гравитационного обогащения, осуществляются как в вертикальных, так и в горизонтальных потоках ЖНС. В случае горизонтального потока его толщина незначительна.

На этой основе работают гидравлические классификаторы, механические классификаторы (речный, спиральный), промывочные машины (желоба, скрубберы), барабанные машины со штырями, промывочные башни.

**Фильтрование** — процесс разделения неоднородной среды посредством фильтрующей перегородки (ФП) на составляющие ее компоненты (Ж и Т) под действием перепада давлений. При этом имеет место непрерывный рост слоя осадка. Машины, реализующие эти принципы, схематично изображены на рисунке 1. Следует иметь в виду, что фильтрация и фильтрование — разные понятия. Процесс фильтрования реализуется на фильтрах и фильтрующих центрифугах.

Процесс разделения и выбор оборудования определяют следующие параметры:

- 1) химический состав (является ли среда агрессивной, токсичной, взрыво- и пожароопасной);
- 2) физические свойства ( $\rho_1$  — плотность сплошной фазы,  $\rho_2$  — плотность дисперсной фазы,  $\mu$  — динамическая вязкость);
- 3) дисперсность и форма частиц ( $\delta_{\text{ср}}$ ,  $\delta_z$ ,  $\delta_s$  — средний, эквивалентный, седиментационный размеры частиц,  $\psi_r$ ,  $\psi_d$  — соответственно геометрический и динамический коэффициенты формы);
- 4) полидисперсность ( $R(\delta)$ ,  $D(\delta)$ ,  $f(\delta)$ );
- 5) концентрация дисперсной фазы ( $\varepsilon_2$ ,  $c$ ,  $x$ );
- 6) специфические свойства осадка (мажущие, клеящие).

Выбор оборудования для реализации процесса разделения существенно различающихся по своим свойствам ЖНС зависит также и от предъявляемых к процессу разделения технологических требований.

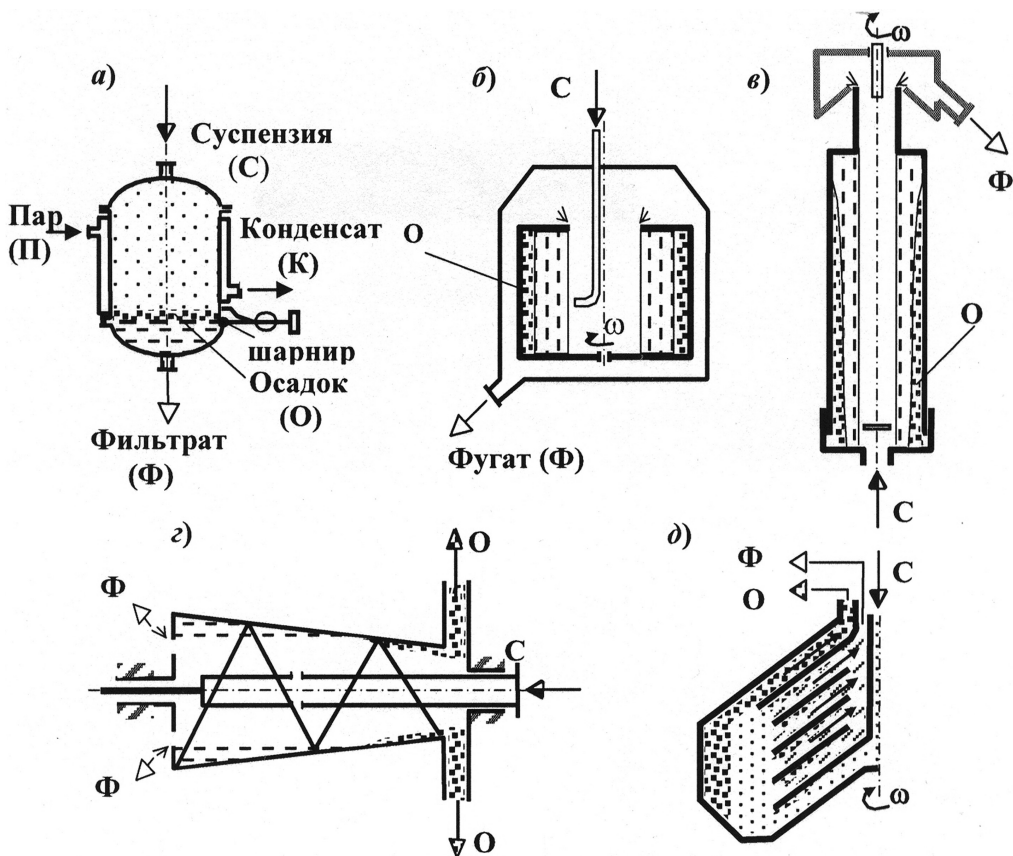


Рис. 1

Основные типы машин для разделения:

- a* — емкостной фильтр — нутч-, друкфильтр (может выполняться с рубашкой и без; с мешалкой и без); *б* — осветляющая (или осадительная — ротор сплошной) или фильтрующая (ротор перфорирован) центрифуга (различаются способами разгрузки осадка, которые включают в себя: ручной через борт или днище; ножом или скребком; виброразгрузка, саморазгружающийся); *в* — сверхцентрифуга; *г* — осадительная (ротор сплошной) или фильтрующая (ротор перфорирован) со шнековой выгрузкой осадка; *д* — сепаратор.

К ним относятся:

- чистота жидкой фазы после разделения;
- влажность получаемого осадка;
- степень отмывки осадка.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ, И СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ НИМИ

## 1.1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В практике разделения для характеристики неоднородных сред (ЖНС), а также самого процесса и получаемых при этом продуктов используется достаточно широкий перечень различных величин. В связи с этим уместно отметить как неидентичность формулировок одних и тех же понятий, так и наличие ошибок в соотношениях, устанавливающих взаимосвязи между ними.

Ниже на примере двухфазной двухкомпонентной системы приводятся получившие распространение и представляющиеся наиболее обоснованными термины, понятия и определения величин, чаще всего встречающихся в практике разделения:

$$c = \frac{m_2}{V_1 + V_2} = \frac{m_2}{V}$$

— объемная массовая концентрация дисперсной фазы, кг/м<sup>3</sup>;

$$x = \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m}$$

— массовая доля дисперсной фазы, кг/кг;

$$\epsilon_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{V_1}{V}$$

— объемная доля сплошной фазы (пористость), м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$$\epsilon_2 = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{V_2}{V}$$

— объемная доля дисперсной фазы, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$$e = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$$

— объемное соотношение фаз, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$$u = \frac{m_1}{m_2}$$

— массовое соотношение фаз, кг/кг;

$$n = \frac{V_1}{m_2}$$

— степень разбавления или сгущения, м<sup>3</sup>/кг;

$$\eta = \frac{m_{2н} - m_{2к}}{m_{2н}} = \frac{m_{2ун}}{m_{2ун} + m_{2к}}$$

— эффективность процесса разделения;

$$k_{ун} = 1 - \eta$$

— коэффициент уноса;

$$w = \frac{m_{loc}}{m_{loc} + m_2} = \frac{m_{loc}}{m_{oc}}$$

— влагосодержание осадка в долях от общей массы; относительная массовая влажность осадка, кг/кг;

$$w' = m_{loc}/m_2$$

— влагосодержание осадка в долях от массы сухого осадка; абсолютная влажность осадка, кг/кг;

$$x_0 = V_{oc}/V_{\phi}$$

— отношение объема осадка, отложившегося на поверхности фильтрующей перегородки при прохождении единицы объема фильтрата, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$$x_1 = V_{oc}/V_c$$

— отношение объема образовавшегося осадка к объему отфильтрованной суспензии, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$$x_m = m_2/V_{\phi}$$

— отношение массы дисперсной фазы осадка, отложившейся на поверхности фильтрующей перегородки при прохождении единицы объема фильтрата, кг/м<sup>3</sup>.

## 1.2.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ

## 1.2.1.

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ

Форма частиц учитывается следующими параметрами:

— частицы, форма которых отлична от шарообразной, характеризуются эквивалентным диаметром

$$\delta_3 = \sqrt[3]{6m_2/(\pi\rho_2)}; \quad (1.1)$$

— геометрическим коэффициентом формы

$$\psi_r = S/S_3 \quad (S_3 = \pi\delta_3^2); \quad (1.2)$$

— динамическим коэффициентом формы

$$\psi_d = v_t/v_{оп}, \text{ если } Re \leq 1; \quad \psi_d = v_t^2/v_{оп}^2, \text{ если } Re \geq 1. \quad (1.3)$$

В уравнениях (1.1)–(1.3)  $m_2$  — масса твердой частицы, кг;  $\rho_2$  — плотность твердой фазы, кг/м<sup>3</sup>;  $S$  — действительная поверхность частицы, м<sup>2</sup>;  $v_t$  — теоретическая скорость частицы, м/с;  $v_{оп}$  — скорость частицы, полученная в результате опыта, м/с;  $Re = (v_1 - v_2)\delta\rho/\mu = v\delta\rho/\mu$  — число Рейнольдса.

## 1.2.2.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ

#### Свободное осаждение.

$$0,995 \leq \varepsilon_1 \leq 1; \delta = \text{const}; \psi_r = 1; v_1 = 0; v_2 \neq 0; v_2 = v.$$

Если известны такие параметры, как  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ , то определение скорости свободного осаждения в первом приближении возможно на основе формулы Тодеса:

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}}, \quad (1.4)$$

где  $Ar = g\delta^3(\rho_2 - \rho_1)\rho_1/\mu^2$  — число Архимеда.

Далее нетрудно выразить истинную скорость твердой фазы:

$$v_2 = v = \frac{Re\mu}{\rho_1\delta}. \quad (1.5)$$

В случае если известна скорость осаждения  $v_2$ , то для определения  $\delta$  целесообразно воспользоваться числом Лященко [2]:

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{v^3\rho_1^2}{\mu(\rho_2 - \rho_1)g}. \quad (1.6)$$

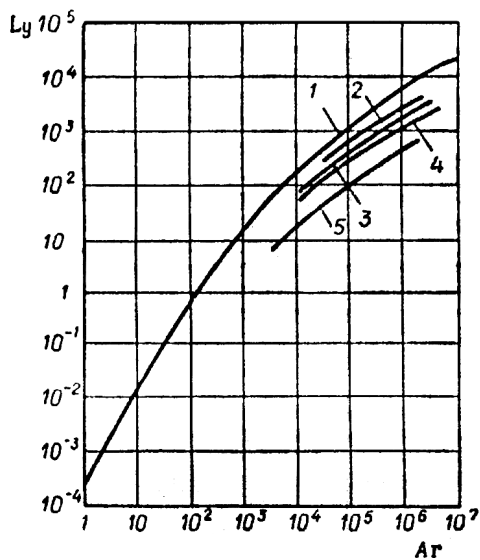
Для этого по уравнению (1.6) находят величину критерия  $Ly$ , затем по графику (рис. 2) определяют значение  $Ar$ , соответствующее данному значению  $Ly$ , после чего вычисляют минимальный диаметр частиц, осаждающихся при заданной скорости  $v_2 = v$ :

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{Ar \cdot \mu^2}{(\rho_2 - \rho_1)\rho_1 \cdot g}}. \quad (1.7)$$

В общем случае сила межфазного сопротивления определяется по формуле Ньютона:

$$F = CS_m \frac{\rho_1 v^2}{2}, \quad (1.8)$$

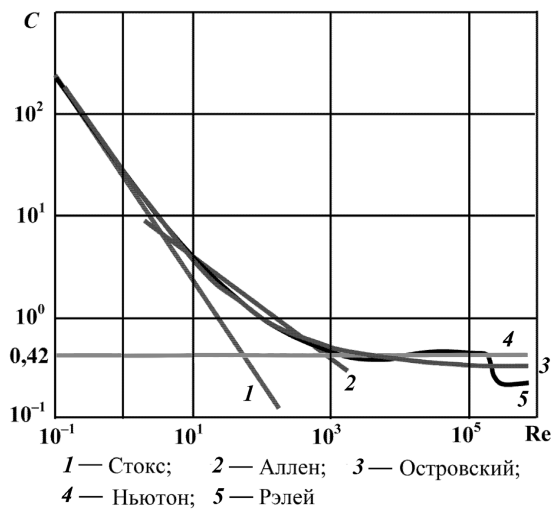
где  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$  — скорость относительного движения;  $S_m$  — площадь миделева сечения (площадь проекции тела на плоскость, нормальную к направлению движения);  $C$  — эмпирический коэффициент, зависящий от формы тела. Многочисленные последующие эксперименты показывали весьма существенную зависимость этого коэффициента от скорости, вязкости и плотности жидкости, т. е. от числа  $Re$  (рис. 3).



**Рис. 2**

Зависимость  $Ly = f(Ar)$ :

1 — шарообразные частицы; 2 — округленные частицы; 3 — угловатые частицы;  
4 — продолговатые частицы; 5 — пластинчатые частицы.



**Рис. 3**

Зависимость коэффициента сопротивления шара от числа  $Re$

Существуют различные эмпирические зависимости для определения коэффициента сопротивления  $C$ :

— формула Стокса (ламинарный режим,  $Re < 1$ )

$$C = 24/Re \text{ при } Re = \nu \delta \rho / \mu < 1; \quad (1.9)$$

— формула Ньютона (развитый турбулентный режим,  $Re > 1000$ )

$$C \approx 0,42 \text{ при } 10^3 < Re < 2 \cdot 10^5; \quad (1.10)$$

— формула Озеена

$$C = \frac{24}{Re} \left( 1 + \frac{3}{16} Re \right) \text{ при } Re < 5; \quad (1.11)$$

— формула Аллена

$$C = \frac{13}{\sqrt{Re}} \text{ при } 5 < Re < 10^3; \quad (1.12)$$

— формула Островского

$$C = 8 \left( \frac{3}{Re} + \frac{0,45}{Re^{4/9}} + 0,042 \right) \text{ при } Re < 2 \cdot 10^5. \quad (1.13)$$

При ламинарном режиме  $Re \leq 1$  сила межфазного сопротивления при стационарном обтекании шара определяется законом Стокса:

$$F = 3\pi\mu v\delta. \quad (1.14)$$

Разделив (1.14) на  $\pi\delta^2$ , найдем удельную силу межфазного сопротивления

$$f = 3\mu v/\delta = 0,5\mu S_0 v. \quad (1.15)$$

В случае свободного осаждения ( $\varepsilon_1 \approx 1$ ,  $v_1 = 0$ ) в гравитационных условиях скорость можно найти из равенства силы сопротивления потока и равнодействующей сил тяжести и Архимеда.

При ламинарном режиме будем иметь

$$v_2 = v = v_0 = \frac{\Delta\rho g\delta^2}{18\mu} = \frac{2\Delta\rho g}{\mu S_0^2}, \quad (1.16)$$

а при турбулентном

$$v_2 = v = v_0 = 1,78 \sqrt{\frac{\Delta\rho g\delta}{\rho_1}}. \quad (1.17)$$

**Стесненное осаждение.**

$$0,7 \leq \varepsilon_1 \leq 0,995; \delta = \text{const}; \psi_r = 1; v_1 \neq 0; v_2 \neq 0; v \neq 0.$$

В этом случае скорость стесненного осаждения находят по формуле Аэрова — Тодеса:

$$Re \cdot \varepsilon_1 = \frac{Ar \cdot \varepsilon_1^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{Ar \varepsilon_1^{4,75}}}. \quad (1.18)$$

В практике центрифугирования широко применяется эмпирическая формула при  $\varepsilon_1 \leq 0,7$

$$v_2 = v_0 \varepsilon_1^2 10^{-1,82\varepsilon_2}, \quad (1.19)$$

а при  $\varepsilon_1 > 0,7$

$$v_2 = v_0 \frac{0,123 \varepsilon_1^3}{\varepsilon_2}. \quad (1.20)$$



### 1.2.3.

#### ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ В ОТСТОЙНИКАХ, ФИЛЬТРАХ И ЦЕНТРИФУГАХ

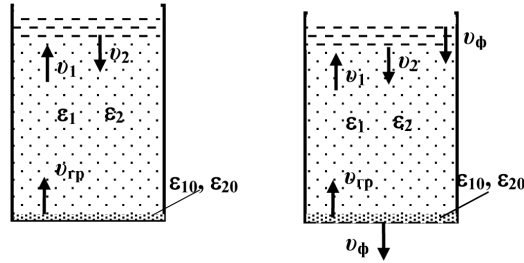


Рис. 4

Принципиальные схемы процессов осаждения и фильтрования

В отстойниках и осадительных центрифугах нижняя граница непроницаема как для сплошной, так и для дисперсной фазы. Поэтому в области суспензии будем иметь

$$\varepsilon_1 \vec{v}_1 = -\varepsilon_2 \vec{v}_2; \quad \vec{v}_2 = -\varepsilon_1 \vec{v}, \quad (1.21)$$

где  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$  — относительная скорость.

При этом в случае расслаивающейся суспензии скорость границы между осветленной жидкостью и исходной суспензией равна  $v_2$ .

При использовании фильтров и фильтрующих центрифуг нижняя граница проницаема только для сплошной фазы, т. е.  $v_{20} = 0$ . Поэтому

$$v_\phi = \varepsilon_{10} v_{10} = G_1 / (\rho_1 S), \quad (1.22)$$

где  $G_1$  — массовый расход сплошной фазы,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\varepsilon_{10}$  — объемная доля сплошной фазы в осадке.

Скорость границы между осветленной жидкостью и исходной суспензией также равна  $v_2$ . Однако поскольку  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \neq 0$ , то

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_\phi - \vec{v} \varepsilon_1, \quad (1.23)$$

а для нераслаивающейся, поскольку  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = 0$ , то  $v_2 = v_\phi$ .

#### Условие на границе разрыва.

Скорость границы разрыва, т. е. зоны, где дисперсная фаза скачком изменяет свое состояние, определяется из материального баланса по дисперсной фазе:

$$v_{\text{гр}} = \frac{\varepsilon_2 v_2}{\varepsilon_{20} - \varepsilon_2}, \quad (1.24)$$

где  $\varepsilon_{20}$  — объемная доля дисперсной фазы в осадке.

Отметим, что соотношение (1.24) справедливо как при осаждении, так и при фильтровании.

В отстойнике по окончании процесса разделения давление в слое осветленной жидкости и сплошной фазе слоя осадка распределяется в соответствии с основным законом гидростатики, т. е.

$$p_z = p_0 + \rho g(z - z_0) = p_0 + \rho gh, \quad (1.25)$$

где  $p_0$  — давление на свободной поверхности, т. е. при  $z = z_0$ , Па;  $z$  — координата, отсчитываемая по нормали от дна отстойника, м;  $h$  — расстояние от свободной поверхности до поверхности уровня с координатой  $z$ , м.

Напряжения в дисперсной фазе осадка определяются уравнением

$$\sigma_z = \sigma_0 + (\rho_2 - \rho_1)\epsilon_{20}g(z_{oc} - z), \quad (1.26)$$

где  $\sigma_0$  — напряжение на верхней границе слоя осадка, Па. При отсутствии нагрузки на осадок  $\sigma_0 = 0$ ;  $z_{oc}$  — координата, соответствующая верхней границе осадка, м.

Если разделение осуществляется в центробежном поле (рис. 5), то скорость свободного осаждения при ламинарном режиме в осадительной центрифуге определяется по формуле, аналогичной (1.16):

$$v_z = v_r = \frac{\Delta\rho g \delta^2}{18\mu} Fr_{cp} = \frac{2\Delta\rho g}{\mu S_0^2} Fr_{cp} = v_0 Fr_{cp}, \quad (1.27)$$

где  $v_0$  — скорость свободного осаждения в гравитационных условиях при ламинарном режиме;  $Fr_{cp} = \omega^2 r_{cp}/g$  — число Фруда (фактор разделения);  $r_{cp} = 0,5(R + r_0)$ .

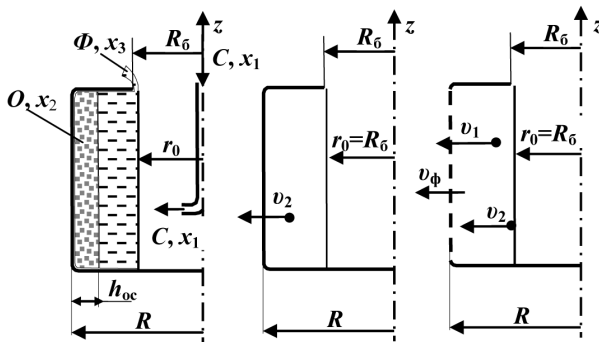


Рис. 5

Основные обозначения при расчете осадительных и фильтрующих центрифуг:

$C, O, \Phi$  — суспензия, осадок, фугат (или фильтрат) соответственно;

$x_1, x_2, x_3$  — массовые доли дисперсной фазы соответственно в суспензии, осадке и фугате;  $R$  — радиус ротора;  $R_6$  — радиус борта ротора;

$r_0 \approx R_6$  — радиус свободной поверхности;  $h_{oc}$  — высота слоя осадка.

В фильтрующей центрифуге при ламинарной фильтрации через слой образующегося несжимаемого осадка с учетом неподвижности дисперсной фазы скорость фильтрации определяется из уравнения

$$v_\phi = v\epsilon_1 = v_1\epsilon_1 = \frac{k_{np}}{\mu} \rho_1 g Fr_{cp} = k_\phi \rho_1 g Fr_{cp}, \quad (1.28)$$

где коэффициент проницаемости  $k_{пр}$  в случае капиллярно-пористой структуры осадка определяется по формуле Козени — Кармана:

$$k_{пр} = \frac{\varepsilon_1^3}{2\zeta^2 S_0^2 \varepsilon_2^2} = \frac{e^2 \varepsilon_1}{2\zeta^2 S_0^2}, \quad (1.29)$$

где  $\zeta = \varepsilon_1 + 0,5\pi\varepsilon_2$  — коэффициент извилистости канала.

### Пример 1.

Найти скорость осаждения шарика плотностью  $\rho_2 = 2500 \text{ кг/м}^3$  и диаметром  $\delta = 1 \text{ мм}$  в воде.

*Решение.*

Оценим возможность применения формул (1.16) и (1.17). В результате расчетов получим соответственно:  $v = 0,8715 \text{ м/с}$ ,  $Re = 817$  и  $v = 0,216 \text{ м/с}$ ,  $Re = 216$ . В обоих случаях число  $Re$  не отвечает области применения вышеуказанных формул.

Решение данной задачи возможно несколькими способами. Приведем некоторые из них.

1. Графический способ с помощью кривой Рэлея (см. рис. 4).

Определим зависимость  $C$  от  $Re$  из равенства силы сопротивления потока и равнодействующей сил тяжести и Архимеда и построим график (рис. 6), задавая числом  $Re$ :

$$C = \frac{4\delta^3 \Delta \rho \rho_1 g}{3\mu^2 Re^2}. \quad (1.30)$$

Точке пересечения соответствует приблизительно  $Re \approx 150$ .

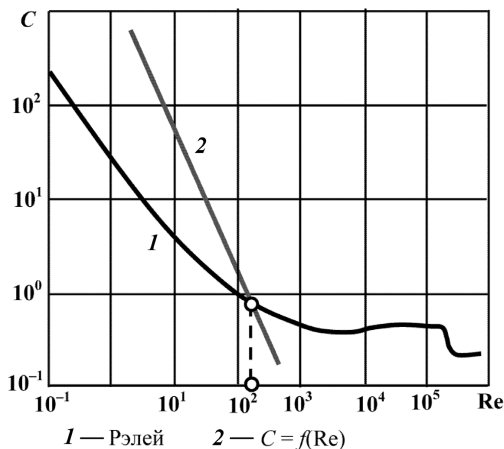


Рис. 6

К решению примера 1

Тогда

$$v = \frac{Re \mu}{\delta \rho} = \frac{150 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} = 0,15 \text{ м/с}.$$

## 2. Метод последовательного приближения (итерационный).

Подставив число  $Re$  в уравнение (1.30), выразим зависимость  $v$  от  $C$ :

$$v = \sqrt{\frac{4 \Delta \rho g \delta}{3 C \rho_1}}. \quad (1.31)$$

Для определения коэффициента сопротивления воспользуемся какой-либо из приведенных выше аппроксимационных формул, например формулой Островского (1.13), а результаты расчетов сведем в таблицу 1.

Таким образом, на 7-й итерации получим ответ  $v = 0,148715$  м/с.

Таблица 1

Результаты расчетов по формуле Островского (1.13)

№	$v$	$Re$	$C$
1	0,215924	215,9236	0,777395
2	0,158865	158,8651	0,865573
3	0,150556	150,5559	0,883057
4	0,149058	149,058	0,886385
5	0,148778	148,7779	0,887014
6	0,148725	148,7251	0,887133
7	0,148715	148,7152	0,887155

### 1.2.4.

#### МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ

Разделяемая смесь состоит из сплошной фазы и взвешенных в ней частиц. В результате разделения смеси (при отсутствии потерь) имеем

$$G_{\text{см}} = G_{\text{осв}} + G_{\text{ос}}, \quad (1.32)$$

где  $G_{\text{см}}$  — количество исходной смеси, подлежащей разделению;  $G_{\text{осв}}$  — количество очищенной (осветленной) части смеси;  $G_{\text{ос}}$  — количество осадка.

Поскольку общее количество вещества, образующего дисперсную фазу, в процессе разделения не изменяется, то материальный баланс по дисперсной фазе можно записать в виде

$$G_{\text{см}} x_{\text{см}} = G_{\text{осв}} x_{\text{осв}} + G_{\text{ос}} x_{\text{ос}}, \quad (1.33)$$

где  $x_{\text{см}}$ ,  $x_{\text{осв}}$ ,  $x_{\text{ос}}$  — массовые доли дисперсной фазы в исходной смеси, осветленной части и осадке соответственно.

Совместное решение уравнений (1.32) и (1.33) дает возможность определить количества очищенной части смеси и осадка:

$$G_{\text{ос}} = G_{\text{см}} \frac{x_{\text{см}} - x_{\text{осв}}}{x_{\text{ос}} - x_{\text{осв}}}. \quad (1.34)$$

В уравнениях (1.32)–(1.34) количества и концентрации выражены в массовых единицах измерения. Объемные количества исходной смеси, осветленной части и осадка могут быть рассчитаны из равенств:

$$V_{\text{см}} = \frac{G_{\text{см}}(1 - x_{\text{см}})}{\rho_1} + \frac{G_{\text{см}} x_{\text{см}}}{\rho_2}; \quad (1.35)$$

$$V_{\text{осв}} = \frac{G_{\text{осв}}(1 - x_{\text{осв}})}{\rho_1} + \frac{G_{\text{осв}}x_{\text{осв}}}{\rho_2}, \quad (1.36)$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{G_{\text{ос}}(1 - x_{\text{ос}})}{\rho_1} + \frac{G_{\text{ос}}x_{\text{ос}}}{\rho_2}, \quad (1.37)$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности веществ, образующих сплошную и дисперсную фазы соответственно.

Уравнения (1.32)–(1.37) справедливы для любых двухфазных неоднородных систем при любом способе разделения.

### 1.2.5.

#### РАЗДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ ОСАЖДЕНИЕМ

Процесс осаждения проводится с целью очистки (осветления) сплошной фазы и сгущения дисперсной фазы. На практике чаще всего приходится подвергать разделению полидисперсные системы. Используя зависимость скорости движения частиц от их размера, можно в процессе осаждения разделять дисперсную фазу на фракции. Такой способ разделения твердых частиц получил название *классификации*. Осаждение, как указывалось ранее, можно осуществлять под действием гравитационных сил (отстаивание), центробежных и электрических сил.

**Отстаивание** используют для разделения суспензий, эмульсий и пылей. Движущей силой процесса является разность плотностей сплошной и дисперсной фаз. В суспензии и пыли плотность дисперсной фазы обычно выше плотности сплошной фазы; в эмульсиях большая плотность может быть как у дисперсной фазы, так и у сплошной.

Процесс отстаивания характеризуется небольшой скоростью осаждения и не обеспечивает отделения тонкодисперсных частиц, поэтому его применяют главным образом для частичного или предварительного разделения неоднородных систем. Преимуществом процесса отстаивания являются простое аппаратное оформление и малые энергетические затраты.

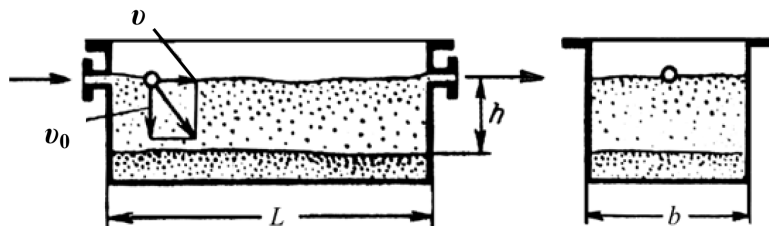


Рис. 7

Схема гравитационного отстойника

Сущность отстаивания заключается в том, что неоднородную смесь пропускают через емкость (рис. 7), на дно которой под действием силы тяжести оседают взвешенные частицы.

При этом необходимо соблюдение двух основных условий:

- 1) время пребывания элемента потока в аппарате должно быть равно или больше времени осаждения частиц;
- 2) линейная скорость потока в аппарате должна быть меньше скорости осаждения.

Несоблюдение первого условия приводит к тому, что частицы не успевают осесть, а второго — к тому, что возникающие вихревые токи поднимают осаждающиеся частицы.

### 1.2.6.

#### УСТРОЙСТВО ОТСТОЙНИКОВ

Процесс осаждения под действием силы тяжести осуществляют в аппаратах (отстойниках) *периодического, полунепрерывного и непрерывного действия*. В зависимости от вида разделяемой смеси эти аппараты еще подразделяют на отстойники для *пылей, суспензий и эмульсий*. Несмотря на то что методы разделения жидких и неоднородных газовых систем основаны на одинаковых принципах, применяемое для этой цели оборудование имеет ряд особенностей.

**Отстойники для пылей.** Простейшим устройством для очистки газов от пыли является отстойный газопровод (рис. 8).

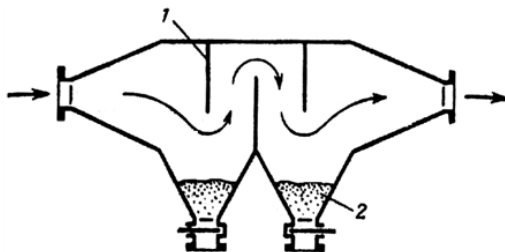


Рис. 8

Отстойный газопровод:

1 — перегородка; 2 — сборник.

На пути запыленного газа устанавливают камеру с перегородками 1, изменяющими направление движения потока, и сборники пыли 2. Вследствие увеличения сечения скорость потока падает, частицы пыли, сохраняя прямолинейное движение за счет инерции, ударяются о перегородки 1 и собираются в сборнике 2. Эти устройства применяют для предварительной, грубой очистки газов.

Более качественная очистка достигается в пылеосадительных камерах (рис. 9). Устройство пылеосадительной камеры основано на принципе развития максимальной площади осаждения. Аппарат с горизонтальными полками 2 делится на ряд каналов малой высоты. Поступление запыленного газа регулируется клапанами 1. Осажденная пыль периодически выгружается при отключенном аппарате через люки 3.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)