

**ОСАЖДЕНИЕ ТВЕРДЫХ
ЧАСТИЦ В ЖИДКОСТИ И
ГАЗЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
СИЛЫ ТЯЖЕСТИ**

- **Цель работы:**

- Экспериментальное определение скорости осаждения твердых частиц в жидкостях в зависимости от диаметра частиц, их формы и физических свойств частицы и жидкости.

- **Теоретическая часть**

- В случае осаждения мелкодисперсных твердых частиц в газе или жидкости, наблюдающемся при гидравлической и пневматической классификации, газоочистке и разделении суспензий, основной характеристикой процесса является скорость осаждения W_{oc} .

Для расчета скорости осаждения под действием силы тяжести можно использовать общую для всех режимов осаждения зависимость:

$$W_{oc} = \sqrt{\frac{4 \cdot d_m \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g}{3 \cdot \zeta \cdot \rho}} \quad (1)$$

Экспериментально установлены три режима изменения коэффициента сопротивления ζ в зависимости от числа Рейнольдса.

В первой области - ламинарного осаждения - при $Re_{oc} < 2$:

$$\zeta = 24 / Re_{oc} \quad (2)$$

Во второй (часто называемой переходной) области в пределах изменения

$$2 < Re_{oc} < 500:$$

$$\xi = 18,5/(Re_{oc})^{0,6} \quad (3)$$

В третьей области - развитой турбулентности - в пределах изменения

$$500 < Re_{oc} < 20000:$$

$$\xi = 0,44 \quad (4)$$

Эти зависимости справедливы для осаждающихся одиночных сферических частиц диаметром d_T .

При ламинарном осаждении ($Re_{oc} < 2$) для одиночной сферической частицы (принимая движение мелких частиц с $d_T < 0,1$ мм равномерным) скорость осаждения рассчитывают по формуле:

$$W_{oc} = \frac{d_m^2 \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g}{18 \cdot \mu} \quad (5)$$

- Эта зависимость носит название формулы Стокса. Она справедлива для гидродинамической области чисел Рейнольдса $10^{-4} < Re_{oc} < 2$.
- Если частицы имеют несферическую форму, то пользоваться этой зависимостью для расчета W_{oc} нельзя.

- В общем случае можно использовать критериальную зависимость:

- $Re = f(Ar, \xi)$ (6)

- Здесь Ar - критерий Архимеда:

$$Ar = \frac{d_m^3 \cdot \rho \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g}{\mu^2} \quad (7)$$

С учетом зависимости (2) уравнение (7) примет вид: $Re = Ar / 18$ (8)

При этом критическое значение числа Архимеда, ограничивающее существование ламинарного режима, будет $Ar \leq 36$.

В переходной области зависимость (6) принимает вид: $Re = 0,152 Ar^{0,715}$ (9)

Осаждение в переходной области ограничивается изменениями критерия Архимеда в пределах $36 < Ar < 8,3 \cdot 10^4$.

При развитии турбулентном осаждении:

$$Re = 1,74 \cdot Ar^{0,5} \quad (10)$$

В тех случаях, когда скорость осаждения задана или известна, для расчета диаметра осаждающихся частиц удобно использовать графическую зависимость $Ly = f(Ar)$, где критерий Лященко равен:

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{W_{oc} \cdot \rho^2}{\mu \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g} \quad (11)$$

- В графической зависимости $Lu = F(Ar)$ исключен коэффициент сопротивления ξ , который для несферических (обычно обрабатываемых в химической технологии) частиц зависит от их формы (округлая, угловая, пластинчатая и т.д.).
- Для частиц неправильной формы скорость осаждения обычно меньше, и поэтому скорость, рассчитанную для сферической частицы, необходимо умножить (при отсутствии соответствующих графиков) на поправочный коэффициент формы - ψ :

$$W_{oc} = \psi \cdot W_{oc. сф.} \quad (12)$$

При расчете скорости стесненного движения в формулу Стокса вводят поправочный множитель, учитывающий влияние концентрации суспензии.

Значения фактора (коэффициента) формы ψ для некоторых геометрических тел (h - высота; r - радиус):

Форма частиц	ψ
Куб	0,806
Цилиндр ($h = 3r$)	0,860
Цилиндр ($h = 10r$)	0,691
Цилиндр ($h = 20r$)	0,580

Задание

Определить скорость осаждения W_{oc} в жидкости ($\mu = 1,519 \cdot 10^{-3}$ Па с), частиц диаметром d_T .

Построить график зависимости скорости осаждения от диаметра частиц $W_{oc} = f(d_T)$.

Исходные данные

Таблица 1

№	Диаметр частицы d_T , мм					Форма частицы	Материал частиц	Плотность частиц (кг/м ³)
	I	II	III	IV	V			
1	0,01	0,05	0,1	0,5	1	Куб	Песок	1900
2	0,02	0,06	0,15	0,6	1,1	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
3	0,03	0,07	0,2	0,7	1,2	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
4	0,04	0,08	0,3	0,8	1,3	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
5	0,05	0,1	0,4	0,9	1,4	Куб	Песок	1900
6	0,06	0,15	0,5	1	1,5	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
7	0,07	0,2	0,8	1,1	1,6	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
8	0,01	0,05	0,1	0,5	1	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
9	0,02	0,06	0,15	0,6	1,1	Куб	Песок	1900
10	0,03	0,07	0,2	0,7	1,2	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
11	0,04	0,08	0,3	0,8	1,3	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
12	0,05	0,1	0,4	0,9	1,4	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600

13	0,06	0,15	0,5	1	1,5	Куб	Песок	1900
14	0,07	0,2	0,8	1,1	1,6	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
15	0,01	0,05	0,1	0,5	1	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
16	0,02	0,06	0,15	0,6	1,1	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
17	0,03	0,07	0,2	0,7	1,2	Куб	Песок	1900
18	0,04	0,08	0,3	0,8	1,3	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
19	0,05	0,1	0,4	0,9	1,4	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
20	0,06	0,15	0,5	1	1,5	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
21	0,07	0,2	0,8	1,1	1,6	Куб	Песок	1900
22	0,01	0,05	0,1	0,5	1	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
23	0,02	0,06	0,15	0,6	1,1	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
24	0,03	0,07	0,2	0,7	1,2	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
25	0,04	0,08	0,3	0,8	1,3	Куб	Песок	1900
26	0,05	0,1	0,4	0,9	1,4	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600
27	0,06	0,15	0,5	1	1,5	Цилиндр (h = 10r)	Песок	1900
28	0,07	0,2	0,8	1,1	1,6	Цилиндр (h = 20r)	Свинец	2600
29	0,08	0,3	0,9	1,5	2	Куб	Песок	1900
30	0,1	0,5	1,2	2,0	2,5	Цилиндр (h = 3r)	Свинец	2600

Осаждение происходит в чистой пресной воде.

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на осаждающуюся частицу?
2. Приведите формулу Стокса.
3. Какие физические величины входят в число Рейнольдса для осаждающихся частиц?
4. Что характеризует критерий Лященко? В каких случаях используется для расчетов?
5. Какие режимы осаждения известны?
6. Как определить скорость осаждения для несферических частиц?
7. Как определить диаметр частиц, если известна их скорость осаждения?
8. Как определяется коэффициент сопротивления?
9. Как учитывается вид среды, в которой происходит процесс осаждения, при определении скорости процесса?
10. Приведите примеры очистного оборудования, в которых процесс осаждения является основным.

