

Практическая работа № 11  
РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТСТОЙНИКА

Дано: Рассчитать вертикальный отстойник в соответствии с заданным вариантом (см. таблицу).

Исходные данные

Номер варианта	Расход сточной воды $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Плотность частиц $\rho_{\text{ч}}, \text{ кг/м}^3$	Диаметр частиц $d, \text{ мкм}$
1	100	2200	15
2	110	2200	20
3	120	2200	25
4	130	2200	30
5	140	2200	35
6	150	2300	15
7	160	2300	20
8	170	2300	25
9	180	2300	30
10	190	2300	35
11	200	2400	15
12	210	2400	20
13	220	2400	25
14	230	2400	30
15	240	2400	35
16	250	2500	15
17	260	2500	20
18	270	2500	25
19	280	2500	30
20	290	2500	35
21	300	2600	15
22	310	2600	20
23	320	2600	25
24	330	2600	30
25	340	2600	35
26	350	2700	15
27	360	2700	20
28	380	2700	25
29	390	2700	30
30	400	2700	35

Для всех вариантов: 1) плотность жидкости  $\rho_{\text{ж}} = 1066 \text{ кг/м}^3$ ;  
2) динамическая вязкость жидкости  $\mu_{\text{ж}} = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

При очистке сточных вод широко распространены процессы разделения гетерогенных систем на отдельные фазы путем осаждения частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде под действием различных внешних сил. Так, для выделения твердых частиц из жидких сред широко при-

меняются отстойники, основанные на осаждении частиц под действием силы тяжести (см. рисунок).

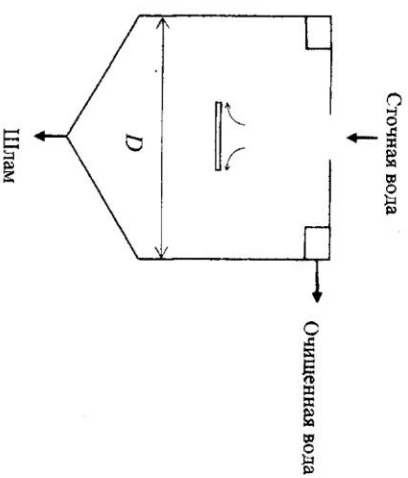


Схема вертикального отстойника

При движении частицы в жидкости возникает сопротивление, величина которого зависит главным образом от режима движения, формы и поверхности движущейся частицы. Ламинарный режим движения имеет место при малых размерах частиц и высокой вязкости среды, что обуславливает небольшие скорости движения частицы. Турбулентный режим движения частицы в жидкости наблюдается при больших размерах частиц и малой вязкости среды, то есть при высоких скоростях движения частиц, когда все большую роль начинают играть силы инерции. Переход от ламинарного к турбулентному движению характеризуется критическими значениями чисел Рейнольдса  $Re$  и Архимеда  $Ar$ .

Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы в неподвижной жидкой среде под действием силы тяжести.

Если частица массой  $m$  начинает опускаться под действием силы тяжести, через некоторый промежуток времени наступит динамическое равновесие: сила тяжести станет равна силе сопротивления среды и частица станет двигаться равномерно. Скорость такого равномерного движения частицы в среде называют скоростью осаждения  $w_{ос}$ .

Скорость осаждения  $w_{ос}$  можно рассчитать по формуле Стокса, соответствующей ламинарному режиму осаждения шарообразных частиц в неподвижной, газообразной или жидкой среде под действием силы тяжести [6]:

$$w_{oc} = \frac{gd^2(\rho_q - \rho)}{18\mu}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр шарообразной частицы, м;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_q$  – плотность материала частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости среды, Па·с;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Более удобно для определения  $w_{oc}$  пользоваться методом Ляшенко, используя выражение для критерия Архимеда  $Ar$  [6]:

$$Ar = \frac{gd^3\rho(\rho_q - \rho)}{\mu^2}. \quad (2)$$

По известному критерию Архимеда можно определить режим осадения и значение критерия Рейнольдса  $Re$ :

– для ламинарного режима  $Ar \leq 36$

$$Re = \frac{Ar}{18}; \quad (3)$$

– для переходной области осадения  $36 < Ar < 83000$

$$Re = 0,152 Ar^{0,715}; \quad (4)$$

– для автономной области  $Ar > 83000$

$$Re = 1,74 \sqrt{Ar}. \quad (5)$$

Таким образом, определив значение критерия  $Ar$ , находят режим осадения. Затем по выражениям (3–5) находят значение  $Re$  и по нему определяют скорость осадения.

Критерий Рейнольдса определяется выражением:

$$Re = \frac{w_{oc} d \rho}{\mu}, \quad (6)$$

откуда получим выражение для определения скорости осадения  $w_{oc}$  (м/с):

$$w_{oc} = \frac{Re \mu}{d \rho}. \quad (7)$$

Приведенный расчет  $w_{oc}$  относится к скорости свободного осадения, при котором осаждающиеся частицы практически не оказывают влияния на движение друг друга.

При значительной концентрации твердых частиц в среде происходит стесненное осадение, скорость которого меньше, чем свободного вследствие течения и соударений между частицами.

В данной работе рассматривается свободное гравитационное осадение твердых частиц в жидкости, при котором процесс осадения проис-

ходит под действием силы тяжести и осаждающиеся частицы практически не оказывают влияния на движение друг друга.

При ориентировочных расчетах, учитывая приближенно отличные реальные условия осадения от теоретических (стесненность осадения, форма частиц, движение среды) определяют среднюю расчетную скорость осадения  $w_{oc}$  (м/с):

$$w_{oc} = 0,5 w_{oc}. \quad (8)$$

Поверхность осадения  $F$  (м<sup>2</sup>) можно найти по формуле:

$$F = \frac{Q}{w_{oc}}, \quad (9)$$

где  $Q$  – объемный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с.

Диаметр отстойника  $D$  (м) при известном значении  $F$  равен:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}. \quad (10)$$

#### Порядок расчета

1. По формуле (2) определить критерий Архимеда  $Ar$ .
2. По известному критерию Архимеда определить режим осадения и после определения скорости осадения методом Ляшенко – значение критерия Рейнольдса  $Re$ .
3. При ламинарном режиме осадения шарообразных частиц скорость осадения  $w_{oc}$  можно рассчитать по формуле Стокса (1).
4. При известном значении критерия Рейнольдса скорость осадения  $w_{oc}$  определяется по формуле (7).
5. По формуле (8) определить среднюю расчетную скорость осадения  $w_{oc}$ .
6. По формуле (9) определить поверхность осадения  $F$ .
7. По формуле (10) найти диаметр отстойника  $D$ .

#### Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

- 1) титульный лист (Приложение);
- 2) задание с исходными данными;
- 3) схему отстойника;
- 4) расчет отстойника;
- 5) выводы.