

Студ. В. П. Невар  
Науч. рук. доц. А. М. Волк  
(кафедра высшей математики, БГТУ)

## ОСАЖДЕНИЕ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ В ОТСТОЙНИКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Отстойники – резервуары или бассейны для выделения из жидкости взвешенных примесей осаждением их под действием силы тяжести при пониженной скорости потока. Отстойники применяются для очистки воды в системах гидроузлов и ирригационных сооружений, водоснабжения, канализации.

Отстойники гидросиловых и ирригационных систем служат для предотвращения проникновения взвесей в турбины ГЭС и в оросительные каналы. На ГЭС и насосных станциях отстойники предохраняют лопасти гидротурбин и насосов от истирания их твёрдыми примесями (с размером частиц от 0,25 мм и более), которое может привести к понижению КПД турбин и насосов.

В ирригационных системах отстойники предохраняют каналы от заиления; в оросительную сеть с водой попадают только мелкие частицы, которые могут служить удобрением. Такие отстойники различают: по характеру работы – непрерывного или периодического действия; по способу удаления наносов – с гидравлическим промывом, с механической очисткой и комбинированные; по числу камер – однокамерные и многокамерные. Скорость течения воды в камерах отстойников (в зависимости от характера и количества наносов) – от 0,25 до 0,5 м/сек.

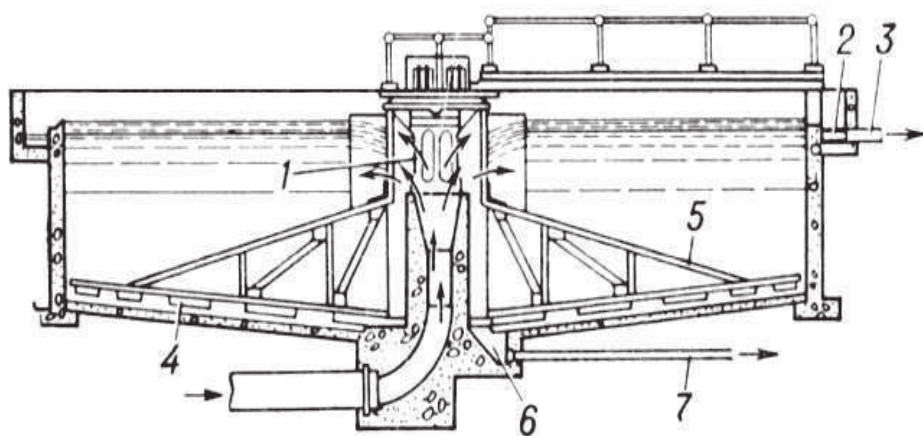
По направлению движения основного потока суспензии отстойники делятся на радиальные, горизонтальные, вертикальные и наклонные. В радиальных отстойниках суспензия подается в центр аппарата и движется к периферии. Радиальные отстойники обычно применяют на крупных водоочистных станциях для предварительного осветления очень мутных вод (мутность более 2 г/л), а также для очистки воды в системах оборотного промышленного водоснабжения; они оборудуются скребковыми механизмами для непрерывного удаления выпавшей взвеси.

В горизонтальных – вода загружается с одного конца аппарата и передвигается вдоль него. Их применяют для удаления взвеси: коагулированной – на водопроводных очистных станциях производительностью 30 – 50 тысяч м<sup>3</sup>/сут и некоагулированной – на станциях любой производительности. Удаление осадка из горизонтальных отстой-

ников обычно осуществляется с помощью перфорированных коробов или труб, укладываемых по дну отстойника.

В вертикальных – суспензия подается снизу и поднимается вверх, причем скорость восходящего потока должна быть меньше скорости оседания твердых частиц. Вертикальные отстойники служат для осаждения коагулированной взвеси на очистных станциях производительностью до 3 тысяч  $m^3/сут$ . В наклонных – осаждение осуществляется в пакетах пластин (или труб), наклоненных под углом 45-60°.

На рис. 1. Приведена схема радиального отстойника с механическим удалением осадка



**Рисунок 1 – Радиальный отстойник: 1 – центральная распределительная труба; 2 – круговой желоб; 3 – труба для отвода жидкости; 4 – скребки; 5 – движущая ферма; 6 – приямок; 7 – иловая труба.**

Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы в канале под воздействием силы тяжести, которая является движущей силой процесса. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметра  $d$ , плотность  $\rho_T$ , объем  $V_T$  и массу  $m$ . Скорость частицы  $\vec{W}$  по направлению совпадает с силой тяжести  $\vec{G}$ . При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда  $\vec{F}_A$  и сила сопротивления среды, сила Стокса  $\vec{F}_C$ .

Запишем в декартовой системе координат уравнения движения твердой частицы в жидкости под воздействием силы тяжести:

$$m \frac{d\vec{W}}{dt} = \vec{G} - \vec{F}_C - \vec{F}_A, \quad (1)$$

Направления скорости осаждения и действующих сил изображены на рис. 2.

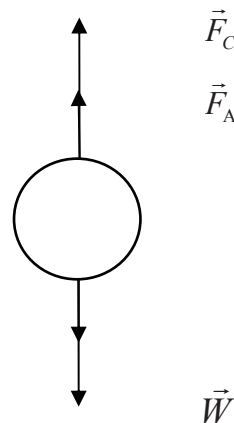


Рисунок 2 – Скорость осаждения и действующие силы

Рассмотрим силы, входящие в уравнение движения (1).

1. Сила тяжести

$$\vec{G} = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T \vec{g}; \quad (2)$$

2. Сила Архимеда

$$\vec{F}_A = \rho_{ж} V_T \vec{g} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{ж} \vec{g}; \quad (3)$$

3. Сила гидродинамического сопротивления среды, отнесенная к поперечному сечению, сила Стокса

$$\vec{F}_C = \varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{W^2}{2} \rho_{ж}; \quad (4)$$

При условии постоянства скорости осаждения уравнение (1) примет вид:

$$G - F_C - F_A = 0. \quad (5)$$

Подставляя выражения для действующих сил, получим:

$$\varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{W^2}{2} \rho_{ж} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T \vec{g} - \frac{\pi d^3}{6} \rho_{ж} \vec{g}; \quad (6)$$

Отсюда получаем скорость осаждения:

$$W = \sqrt{\frac{4d(\rho_T - \rho_{ж})g}{3\varphi\rho_{ж}}}. \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления  $\varphi$  зависит от числа Рейнольдса

$$Re = \frac{Wd\rho_{ж}}{\mu}$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ( $2 < Re < 500$ ). В данном случае коэффициент сопротивления будет [2]

$$\varphi = \frac{18,5}{Re^{0,5}}$$

График зависимости скорости в воде  $W$  от диаметра частицы частиц песка  $d$  приведен на рис. 2.

Расчеты выполнены при следующих значения физических величин: плотность воды  $\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ; плотность песка  $\rho_{т} = 2500 \text{ кг/м}^3$ ; коэффициент динамической вязкости воды  $\mu = 0,0015 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ .

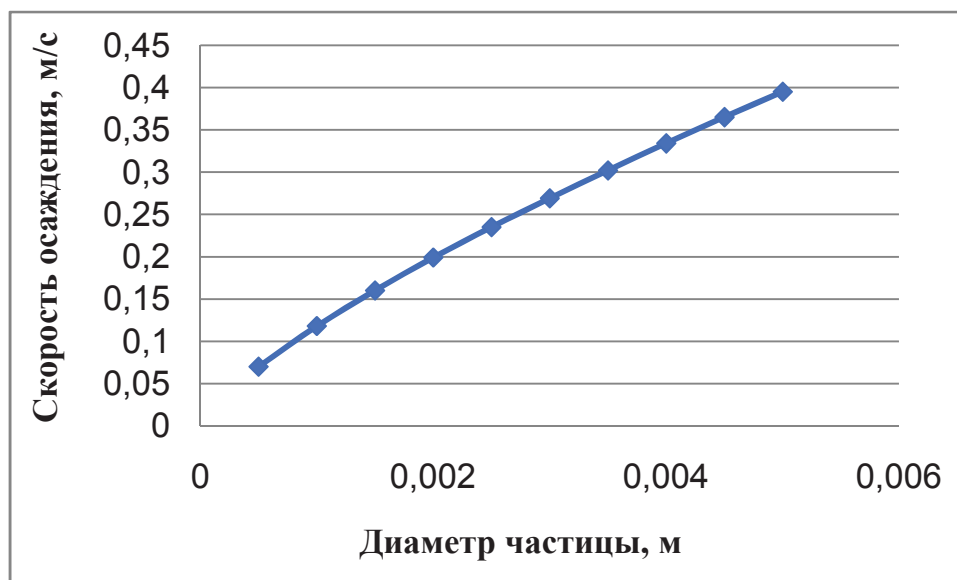


Рисунок 3 – Зависимость скорости оседания в воде  $W$  от диаметра частицы песка  $d$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко В. А., Апелцин И. Э. Очистка природных вод, М., 1971. – 579 с.
2. Соу С. Гидродинамика многофазных систем. – М.: Мир, 1971. – 536 с.