

## Механика жидкостей. Основные понятия и формулы.

Гидростатическое давление столба жидкости на глубине  $h$   
 $p = \rho gh$ ,

где  $\rho$  – плотность жидкости.

Закон Архимеда:

$$F_A = \rho g V,$$

где  $F_A$  – выталкивающая сила;  $V$  – объем вытесненной жидкости.

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$S\upsilon = \text{const},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения трубы тока;  $\upsilon$  – скорость жидкости.

Уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости:

$$\frac{\rho\upsilon^2}{2} + \rho gh + p = \text{const},$$

где  $\frac{\rho\upsilon^2}{2}$  – динамический напор;  $\rho gh$  – гидравлический напор ( $h$  –

глубина рассматриваемого сечения жидкости относительно уровня жидкости);  $\rho$  – статическое давление. С физической точки зрения динамический напор соответствует удельной кинетической энергии, т.е. энергии 1 ед. объема движущейся жидкости, а гидравлический напор – удельная потенциальная энергия 1 единицы объема в поле силы тяжести.

Для трубы тока, расположенной горизонтально,

$$\frac{\rho\upsilon^2}{2} + p = \text{const}.$$

Формула Торричелли, позволяющая определить скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде,

$$\upsilon = \sqrt{2gh},$$

где  $h$  – глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости в сосуде.

Сила внутреннего трения между слоями текущей жидкости

$$F = -\eta \left| \frac{\Delta \upsilon}{\Delta x} \right| S,$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости;  $\frac{\Delta \upsilon}{\Delta x}$  – градиент скорости;  $S$  –

площадь соприкасающихся слоев.

Число Рейнольдса, определяющее характер движения жидкости,

$$\text{Re} = \frac{\rho \langle v \rangle d}{\eta},$$

где  $\rho$  – плотность жидкости;  $\langle v \rangle$  – средняя по сечению трубы скорость жидкости;  $d$  – характерный линейный размер, например, диаметр трубы.

Формула Стокса, позволяющая определить силу сопротивления, действующую на медленно движущийся в вязкой среде шарик,

$$F = -6\pi\eta rv,$$

где  $r$  – радиус шарика;  $v$  – его скорость.

Формула Пуазейля, позволяющая определить объем жидкости, протекающий за время  $t$  через капиллярную трубку длиной  $l$ ,

$$V = \pi R^4 \frac{\Delta p t}{8\eta l},$$

где  $R$  – радиус трубки;  $\Delta p$  – разность давлений на концах трубки.

При движении твердых тел в жидкостях и газах лобовое сопротивление

$$R_x = C_x \frac{\rho v^2}{2} S,$$

где  $C_x$  – коэффициент сопротивления (безразмерный);  $\rho$  – плотность среды;  $v$  – скорость движения тела;  $S$  – площадь наибольшего поперечного сечения тела.

Подъемная сила

$$R_y = C_y \frac{\rho v^2}{2} S,$$

где  $C_y$  – коэффициент подъемной силы (безразмерный).

Поверхностное натяжение

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad \text{либо} \quad \sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

Где  $F$  – сила поверхностного натяжения, действующая на контур  $l$ , ограничивающий поверхность жидкости;  $\Delta E$  – изменение свободной энергии поверхностной пленки жидкости, связанной с изменением площади  $\Delta S$  поверхности этой пленки.

Формула *Лапласа*, позволяющая определить избыточное давление для произвольной поверхности жидкости двойкой кривизны:

$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности жидкости; радиус кривизны положителен, если центр кривизны находится внутри жидкости (выпуклый мениск), и отрицателен, если центр кривизны находится вне жидкости (вогнутый

мениск).

В случае сферической поверхности

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R}.$$

Высота подъема жидкости в капиллярной трубке

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r},$$

где  $\theta$  – краевой угол;  $r$  – радиус капилляра;  $\rho$  – плотность жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения.

Высота подъема жидкости между двумя близкими и параллельными плоскостями

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g d},$$

где  $d$  – расстояние между плоскостями.