

Поверхностное натяжение σ жидкостей при 20 °С (мН/м)

| | | |
|--------------|-----------|------------------|
| Вода | | 73 |
| Глицерин | | 62 |
| Мыльная вода | | 40 |
| Ртуть | | $5,0 \cdot 10^2$ |
| Спирт | | 22 |

● Расход жидкости в трубке тока (рис. 12.1):

а) объемный расход $Q_v = vS$;

б) массовый расход $Q_m = \rho vS$,

где S — площадь поперечного сечения трубки тока; v — скорость жидкости; ρ — ее плотность.

● Уравнение неразрывности струи

$$v_1 S_1 = v_2 S_2,$$

где S_1 и S_2 — площади поперечного сечения трубки тока в двух местах; v_1 и v_2 — соответствующие скорости течений.

● Уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости в общем случае

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2,$$

где p_1 и p_2 — статические давления жидкости в двух сечениях трубки тока; v_1 и v_2 — скорости жидкости в этих сечениях; $\rho v_1^2/2$ и $\rho v_2^2/2$ — динамические давления жидкости в этих же сечениях; h_1 и h_2 — высоты их над некоторым уровнем (рис. 12.1); $\rho g h_1$ и $\rho g h_2$ — гидростатические давления.

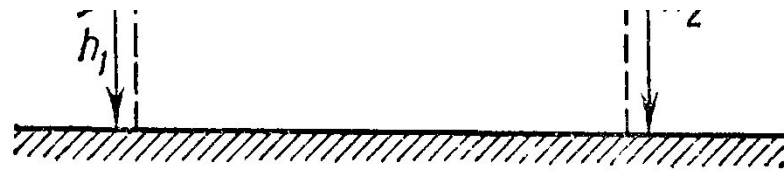


Рис. 12.1

● Скорость течения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде

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

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

● Формула Пуазейля. Объем жидкости (газа), протекающей за время t через длинную трубку,

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

где r — радиус трубки; l — ее длина; Δp — разность давлений на концах трубки; η — динамическая вязкость (коэффициент внутреннего трения) жидкости.

● Поверхностное натяжение

$$\sigma = F/l,$$

где F — сила поверхностного натяжения, действующая на контур l , ограничивающий поверхность жидкости, или

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

где ΔE — изменение свободной энергии поверхностной пленки жидкости, связанное с изменением площади ΔS поверхности этой пленки.

● Формула Лапласа в общем случае записывается в виде

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

где p — давление, создаваемое изогнутой поверхностью жидкости; σ — поверхностное натяжение; R_1 и R_2 — радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных сечений поверхности жидкости, а в случае сферической поверхности

$$p = 2\sigma/R.$$

● Высота подъема жидкости в капиллярной трубке

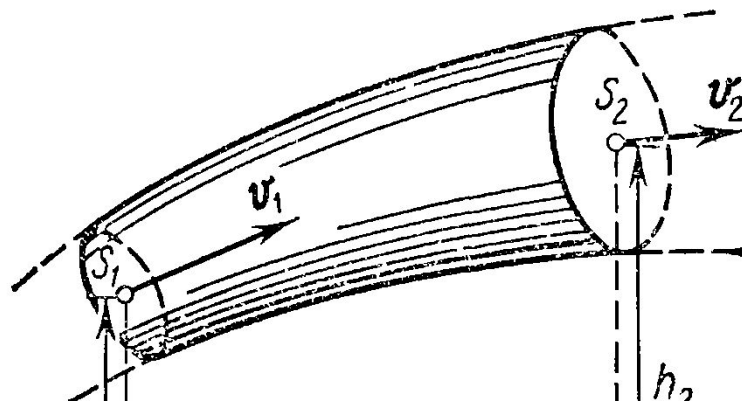
$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g R},$$

где θ — краевой угол; R — радиус канала трубки; ρ — 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.



● Число Рейнольдса для потока жидкости в длинных трубках

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

где $\langle v \rangle$ — средняя по сечению скорость течения жидкости; d — диаметр трубки, и для движения шарика в жидкости

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

где v — скорость шарика; d — его диаметр.

Число Рейнольдса Re есть функция скорости v тела, линейной величины l , определяющей размеры тела, плотности ρ и динамической вязкости η жидкости, т. е.

● Формула Стокса. Сила сопротивления F , действующая со стороны потока жидкости на медленно движущийся в ней шарик,

$$F = 6\pi\eta r v,$$

где r — радиус шарика; v — его скорость.

Формула справедлива для скоростей, при которых число Рейнольдса много меньше единицы ($Re \ll 1$).

12.45. Вода течет в горизонтально расположенной трубе переменного сечения. Скорость v_1 воды в широкой части трубы равна 20 см/с. Определить скорость v_2 в узкой части трубы, диаметр d_2 которой в 1,5 раза меньше диаметра d_1 широкой части.

12.51. Струя воды диаметром $d=2$ см, движущаяся со скоростью $v=10$ м/с, ударяется о неподвижную плоскую поверхность, поставленную перпендикулярно струе. Найти силу F давления струи на поверхность, считая, что после удара о поверхность скорость частиц воды равна нулю.

12.30. Трубка имеет диаметр $d_1=0,2$ см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая в момент отрыва вид шарика. Найти диаметр d_2 этой капли.

12.35. Определить силу F , прижимающую друг к другу две стеклянные пластинки размерами 10×10 см, расположенные параллельно друг другу, если расстояние l между пластинками равно 22 мкм, а пространство между ними заполнено водой. Считать мениск вогнутым с диаметром d , равным расстоянию между пластинками.

1.212. На столе стоит цилиндрический сосуд, наполненный водой до уровня $H = 20$ см от дна. Если в воду ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$) опустить плавать тонкостенный никелевый стакан ($\rho' = 8,8 \text{ г/см}^3$), то уровень воды подымается на $h = 2,2$ см. Определить уровень H_1 воды в сосуде, если стакан утопить. [20,2 см].

1.220 Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр (рис. 34), $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$, а площадь отверстия $S_2 = 0,8 \text{ мм}^2$. Пренебрегая трением и вязкостью, определить время t , за которое вытечет вода из цилиндра, если на поршень действовать постоянной силой $F = 5 \text{ Н}$, а ход поршня $l = 5 \text{ см}$. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. [1,15 с]

- 1.239. Стальной шарик (плотность $\rho' = 9 \text{ г/см}^3$) диаметром $d = 0,8 \text{ см}$ падает с постоянной скоростью в касторовом масле ($\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$, динамическая вязкость $\eta = 0,99 \text{ Па}\cdot\text{с}$). Учитывая, что критическое значение числа Рейнольдса $Re_{кр} = 0,5$, определить характер

движения масла, обусловленный падением в нем шарика.

[$Re = 2,2 > Re_{кр}$, движение турбулентное]

- 1.242. В боковую поверхность цилиндрического сосуда диаметром D вставлен капилляр внутренним диаметром d и длиной l (рис. 44). В сосуд налита жидкость с динамической вязкостью η . Определить зависимость скорости v понижения уровня жидкости в сосуде от высоты h этого уровня над капилляром.

$$\left[v = \frac{1}{32} \frac{\rho g h d^4}{\eta l D^2} \right]$$

Домашнее задание

Т 1.236

Ч 12.46,12.54,12.29,12.37,12.60