

Тема 21. Динамическая и кинематическая вязкость

Рассмотрим несжимаемую жидкость, которая движется по гладкой трубе. Скорость частиц жидкости будет одинаковой в любом месте жидкости (в любом сечении потока), и линии тока будут параллельны (рисунок 21.1, а). Если в трубе появляется препятствие, то линии тока изменятся, как на рисунке 21.1, б и в, скорость частиц потока у препятствий будет выше, чем у основного потока.

При движении по трубе реальной жидкости скорость частиц потока на границе труба-жидкость практически равна нулю за счёт прилипания тонкого слоя жидкости к стенке трубы. Поэтому скорость частиц потока максимальна в середине трубы и минимальна (0) на границе трубы: возникает градиент скорости потока частиц $\frac{dv}{dz}$ (рисунок 21.1, г).

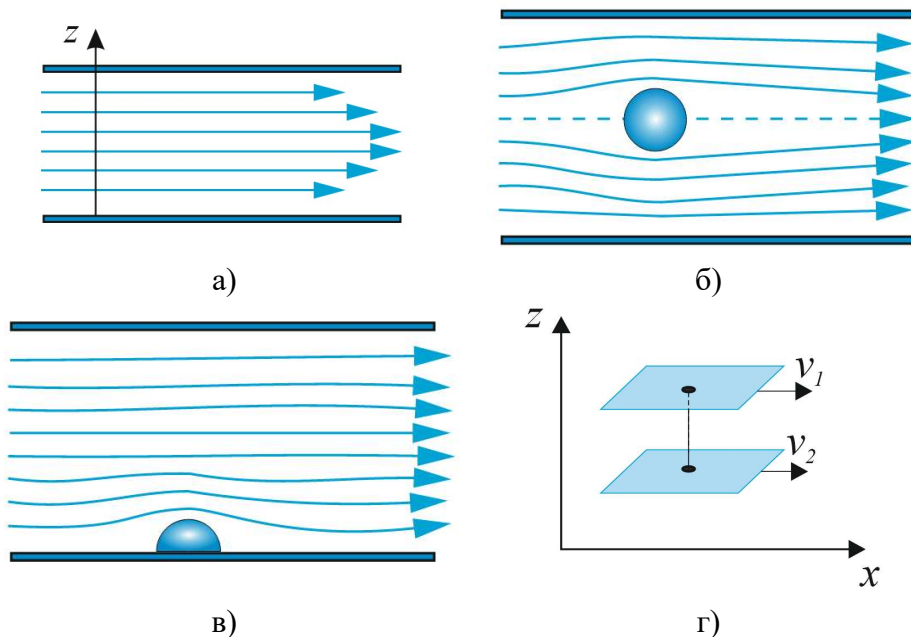


Рисунок 21.1. Движение жидкости по трубе

Сила внутреннего (вязкого) трения определяется формулой Ньютона:

$$F_{\text{тр}} = \eta \frac{dv}{dz} S,$$

где η – коэффициент внутреннего трения или динамическая вязкость (Па · с);

S – площадь взаимодействующих слоёв,

$\frac{dv}{dz}$ – градиент скорости.

Коэффициент вязкости η – это основная величина, которая характеризует вязкие свойства жидкости и газа. η зависит от вида жидкости, формы молекул и температуры: при увеличении температуры коэффициент вязкости жидкости уменьшается, а у газов увеличивается.

Кинематическая вязкость – это отношение динамической вязкости к плотности жидкости:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}.$$

Единица кинематической вязкости – стокс [$1 \text{ Ст} = 1 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$].

Вязкость некоторых веществ представлена в таблице 21.1.

21.1. Вязкость вещества

Вещество	Температура T , °С	Вязкость η , мПа·с
Воздух	20	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Вода	20	1,0
Кровь артериальная	36	4,5
Кровь венозная	36	5,0
Плазма	36	1,5

Если скорость движения тела относительно жидкости небольшая, то сила сопротивления определяется по закону Стокса. Для шара

$$F_{\text{тр}} = 6\pi\eta r\nu,$$

где 6π – коэффициент, который соответствует шару,

η – вязкость вещества,

r – средний радиус тела,

ν – относительная скорость тела.

Характер течения жидкости определяется числом Рейнольдса:

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

где ρ – плотность жидкости.

Критическое число Рейнольдса для жидкости в длинных трубках $Re_{кр}=2000\dots2300$.

Ламинарное течение характеризуется условием $Re < Re_{кр}$ и скорость течения считается малой ($F_{тр} \sim v$).

Турбулентное течение характеризуется условием $Re > Re_{кр}$ и скорость течения можно считать большой ($F_{тр} \sim v^2$).