# The Ideal Fluid(Liquid) Viscosity of a Liquid Laminar and Turbulent Flow

#### Learning Objectives:

- 1. Describe an ideal liquid (fluid);
- 2. Define steady and turbulent flow;
- 3. Use the equation of continuity to

solve problems:

 $S_1v_1 = S_2v_2$  or  $v_2/v_1 = S_1/S_2$ where v is velocity of

flow



•mass flow rate (units kg/s):

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = D \cdot A \cdot v$$

•volume flow rate (units m<sup>3</sup>/s):

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = A \cdot v$$

#### Reynolds number/Число Рейнольдса

The nature of the motion of the gas (liquid) is determined by the dimensionless (without unit of measure) Reynolds number/Характер движения газа (жидкости) определяется безразмерным числом Рейнольдса

$$Re = \frac{Dv\rho}{\eta} = \frac{Dv}{\nu}$$

D - величина, которая характеризует линейные размеры тела, обтекаемого жидкостью (газом).

v – speed/velocity

 $\rho$  – density/плотность газа (жидкости).

η- viscosity

Числа Рейнольдса определяется следующим соотношением:

$$\mathrm{Re} = rac{
ho v D_\Gamma}{\eta} = rac{v D_\Gamma}{
u} = rac{Q D_\Gamma}{
u A},$$

где

- v характерная скорость, м/с;
- $D_{\Gamma}$  гидравлический диаметр, м;
- η динамическая вязкость среды, Па⋅с или кг/(м⋅с);
- $\nu$  кинематическая вязкость среды,  ${\rm M}^2/{\rm c}~(\nu=\frac{\eta}{\rho});$
- Q объёмная скорость потока;
- A площадь сечения трубы.

Числа Рейнольдса определяется следующим соотношением:

$$\mathrm{Re} = rac{
ho v D_\Gamma}{\eta} = rac{v D_\Gamma}{
u} = rac{Q D_\Gamma}{
u A},$$

где

- $\rho$  <u>плотность</u> среды, кг/м<sup>3</sup>;
- v характерная скорость, м/с;
- D <u>гидравлический диаметр</u>, м;
- η <u>динамическая вязкость</u> среды, Па·с или кг/(м·с);
- v— <u>кинематическая вязкость</u> среды,  $m^2/c$  ( );
- Q объёмная скорость потока;
- S площадь сечения трубы.

### <u>Newtonian Fluid Reynolds</u> <u>Number (Re) Formula</u>

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$$

 $\mu$  – fluid dynamic viscosity in kg/(m.s)

 $\rho$  – fluid density in  $kg/m^3$ 

 $V-fluid\ velocity\ in\ m/s$ 

D – pipe diameter in m

#### REYNOLDS NUMBER

- 1. Laminar Flow
- 3. Turblent Flow

Re < 2000

2. Unstable Flow 2000 < Re < 4000

Re > 4000

Normally Re > 4000 for flow in most piping systems.

#### Where

D = Inside diameter (ft)

V = Velocity (ft/sec)

γ = Kinematics viscosity (ft²/sec)

Re = Reynolds Number (dimensionless)

## Types Of Flows Based On Reynold Number:-

 If Reynold number, R<sub>N</sub> < 2000 the flow is laminar flow.

 If Reynold number, R<sub>N</sub> > 4000 the flow is turbulent flow.

$$N_{re} = D.V.\rho$$
 $\mu$ 

N<sub>re</sub> = Reynolds Number

μ = Viscosity

N<sub>re</sub> < 2100 Flow is laminar

2100 < N<sub>re</sub> < 4000 Flow is in transition

N<sub>re</sub>>4000 Flow is turbulent

#### Число Рейнольдса

Один тип движения может переходить в другой, например, просто при изменении скорости течения. Влияют на этот переход и другие параметры. Английский физик Рейнольдс установил, что характер движения зависит от безразмерной величины:

$$Re = \frac{\rho vl}{\eta}$$

где  $\rho$  — плотность жидкости,  $\nu$  - средняя по сечению трубы скорость потока,  $\eta$  — вязкость жидкости, l — усредненный характерный для поперечного сечения потока размер (для трубы диаметр). Величина Re называется числом Рейнольдса. Проще: критерий подобия для течения вязких жидкостей и газов. Чем больше вязкость тем Re меньше! Это не константа для данной жидкости! Зависит от условий температуры, размерали Тур. hared

$$Re = \rho_{x} v D/\eta$$
,

где  $\rho_{\mathbf{x}}$  — плотность жидкости;  $\eta$  — ее вязкость; D — диаметр трубы;  $\upsilon$  — скорость течения.

Если число Рейнольдса больше некоторого критического (Re > Re $_{\rm kp}$ ), то движение жидкости турбулентное. Например, для гладких цилиндрических труб Re $_{\rm kp}$   $\approx 2300$ .

Так как число Рейнольдса зависит от вязкости и плотности жидкости, удобно ввести их отношение, называемое кинематической вязкостью:

$$v = \eta / \rho_{x}$$

Используя это понятие, число Рейнольдса можно выразить в виде

$$Re = vD/v. (9.17)$$

Единицей кинематической вязкости является квадратный метр на секунду ( $M^2/c$ ), в системе СГС — стокс (Ст); соотношение между ними: 1 Ст =  $10^{-4}$   $M^2/c$ .