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^3/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).

ν – speed/velocity

ρ – density/плотность газа (жидкости).

η- viscosity

Числа Рейнольдса определяется следующим соотношением:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho v D_\Gamma}{\eta} = \frac{v D_\Gamma}{\nu} = \frac{Q D_\Gamma}{\nu A},$$

где

- ρ — плотность среды, кг/м^3;
- v — характерная скорость, м/с;
- D_Γ — гидравлический диаметр, м;
- η — динамическая вязкость среды, Па·с или кг/(м·с);
- ν — кинематическая вязкость среды, м^2/с ($\nu = \frac{\eta}{\rho}$);
- Q — объёмная скорость потока;
- A — площадь сечения трубы.

Числа Рейнольдса определяется следующим соотношением:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho v D_\Gamma}{\eta} = \frac{v D_\Gamma}{\nu} = \frac{Q D_\Gamma}{\nu A};$$

где

- ρ— плотность среды, кг/м^3;
- v — характерная скорость, м/с;
- D — гидравлический диаметр, м;
- η — динамическая вязкость среды, Па·с или кг/(м·с);
- ν— кинематическая вязкость среды, м^2/с ( );
- Q — объёмная скорость потока;
- S — площадь сечения трубы.

Newtonian Fluid Reynolds Number (Re) Formula

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

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

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

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

$D - pipe\ diameter\ in\ m$

REYNOLDS NUMBER

1. Laminar Flow	Re	<	2000		
2. Unstable Flow	2000	<	Re	<	4000
3. Turblent Flow	Re	>	4000		

Normally Re > 4000 for flow in most piping systems.

$$Re = \frac{V\ D}{\gamma}$$

Where

D = Inside diameter (ft)

V = Velocity (ft/sec)

γ = Kinematics viscosity (ft^2/sec)

Re = Reynolds Number (dimensionless)

Types Of Flows Based On Reynold Number:-

- If Reynold number, $R_N < 2000$ the flow is **laminar flow**.

- If Reynold number, $R_N > 4000$ the flow is **turbulent flow.**

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

N_{re} = Reynolds Number

μ = Viscosity

$N_{re} < 2100$	Flow is laminar
$2100 < N_{re} < 4000$	Flow is in transition
$N_{re} > 4000$	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:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

где ρ – плотность жидкости, v - средняя по сечению трубы скорость потока, η – 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, размера и т.д.

MyShared

$$\mathrm{Re} = \rho_ж \upsilon D/\eta,$$

где $\rho_ж$ — плотность жидкости; η — ее вязкость; D — диаметр трубы; υ — скорость течения.

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

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

$$\nu = \eta / \rho_ж.$$

Используя это понятие, число Рейнольдса можно выразить в виде

$$\mathrm{Re} = \upsilon D/\nu. \qquad (9.17)$$

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