

3.2. Види і режими руху рідин та газів.

1. Рухи: рівномірний і нерівномірний, сталий і несталий, напірний і безнапірний.
2. Досліди Рейнольдса. Межі існування ламінарного і турбулентного режимів. Ламінарний і турбулентний режим.

1. Рухи: рівномірний і нерівномірний, сталий і несталий, напірний і безнапірний.

Неусталений рух (несталий) - це такий рух, при якому швидкість і гідродинамічний тиск у довільній точці потоку змінюються в часі

$$u=f_1(x, y, z, t)$$

$$p=f_2(x, y, z, t)$$

Наприклад, витікання з бака, при змінному рівні рідини.

Усталений рух (сталий) - це рух, параметри якого не змінюються в часі

$$u=f_1(x, y, z)$$

$$p=f_2(x, y, z)$$

Наприклад, витікання з бака при сталому рівні рідини.

Усталений рух поділяється на рівномірний і нерівномірний.

Рівномірним рухом називають такий, при якому швидкості, форми і площі поперечного перерізу не змінюються по довжині потоку.

Прикладом може слугувати рух у трубі постійного перетину.

Нерівномірний рух — такий, при якому швидкість і форми, або площі поперечного перерізу змінюються вздовж потоку.

Наприклад, течія у конічній трубі.

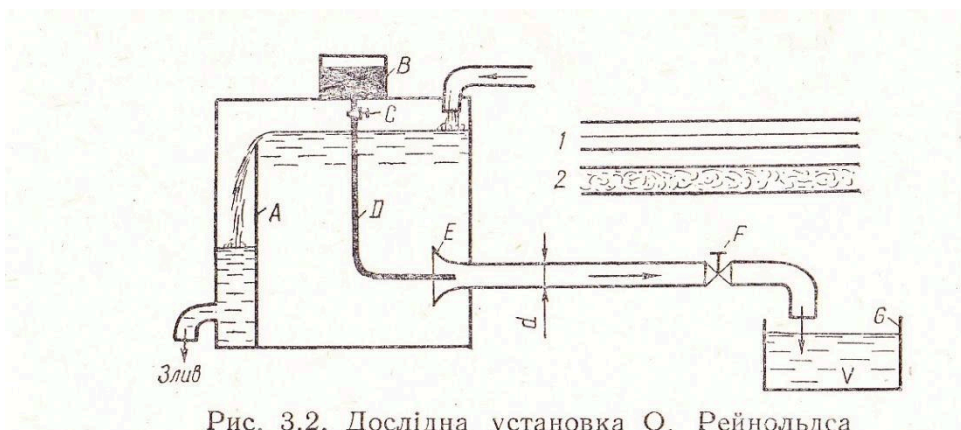
Напірний рух - це рух без вільної поверхні — наприклад, у водопровідних трубах. У напірному потоці гідродинамічний тиск завжди відрізняється від атмосферного.

Безнапірний рух - це рух з вільною поверхнею, наприклад, у каналах і ріках. Безнапірний рух відбувається під дією сил земного тяжіння.

2. Досліди Рейнольдса. Межі існування ламінарного і турбулентного режимів. Ламінарний і турбулентний режим.

У 1883 р. англійський фізик Осборн Рейнольдс установив існування двох режимів руху рідин - ламінарного і турбулентного.

Схема лабораторної установки, яку використовував Рейнольдс, зображена на рис. Змінюючи за допомогою крана витрату рідини, через прозору трубу Рейнольдс спостерігав дві різні картини руху підфарбованої струмینی рідини.



турбулентний (2) і ламінарний (1) режими руху рідини

Два режими руху він назвав ламінарним (від латинського — шаровий) і турбулентним (від латинського - бурхливий, обурений). Це чисто зовнішні, візуальні відмінності двох режимів руху. Коло інженерного застосування цих відмінностей обмежене. Більш важливі енергетичні відмінності між ламінарним і турбулентним режимами руху. Під час турбулентного руху окремі частки рідини рухаються не паралельно осі труби, а хаотично.

Якщо не тільки спостерігати картину руху, але і вимірювати за допомогою п'єзометрів, спадання напору по довжині труби, то можна побачити, що при ламінарному русі втрати прямо пропорційні середній швидкості

$$h=A \cdot v \quad (3.2.1)$$

а при турбулентному режимі течії спостерігається нелінійна залежність між втратами і середньою швидкістю

$$h=A \cdot v^m \quad (3.2.2)$$

A - Коефіцієнт що враховує, розміри труби, властивості стінок, вид рідини.

m - Враховує вплив середньої швидкості руху на втрати енергії

Аналізуючи вплив на режим руху різних параметрів, Рейнольдс запропонував характеризувати його безрозмірним критерієм, складеним з величин, що найбільше впливають на режим течії. Цей критерій називають критерієм Рейнольдса, або числом Рейнольдса. Для випадку напірної течії в круглих трубах

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3.2.3)$$

де v - середня швидкість;

d - внутрішній діаметр труби;

ν — кінематичний коефіцієнт в'язкості.

З фізичної точки зору цей критерій характеризує співвідношення інерційних сил і сил тертя, зумовлених в'язкістю рідини.

У результаті численних дослідів з рідинами різної в'язкості і на трубах різного діаметра Рейнольде встановив: ламінарний режим спостерігається завжди при $Re < 2320$. Коли число Re ставало більшим ніж 2320, то, приблизно, до 13000-14000 Рейнольде спостерігав нестабільні результати як ламінарного, так і турбулентного режимів. У дослідях із збільшенням швидкості течії Рейнольде частіше і постерігав ламінарний режим в діапазоні $2320 < Re < 14000$.

У дослідях із зменшенням швидкості Рейнольде у тому ж діапазоні $2320 < Re < 14000$ спостерігав ламінарний режим. Тому Рейнольде зазначив два критичні значення критерію Re : нижнє критичне – $Re_{кр.н} = 2320$; верхнє критичне - $Re_{кр.в} = 13800$. При $Re < Re_{кр.н}$ течія ламінарна. У практичних розрахунках використовують, як правило, тільки $Re_{кр.н}$. Вважають, що якщо $Re < Re_{кр.н} = 2320$, то буде ламінарний режим, а коли $Re > Re_{кр.н}$, то буде турбулентний. Причому, індекс "н" опускають і пишуть так: $Re_{кр} = 2320$.

Швидкості, що відповідають критичним числам Рейнольда, також називають критичними. Наприклад, нижня критична швидкість - це швидкість, нижче якої настає ламінарний рух. Її можна визначити і так:

$$Re_{кр.н} = 2320 = \frac{v_{кр} \cdot d}{\nu}$$

звідки

$$v_{кр} = \frac{2320 \cdot d}{\nu} \quad (3.2.4)$$

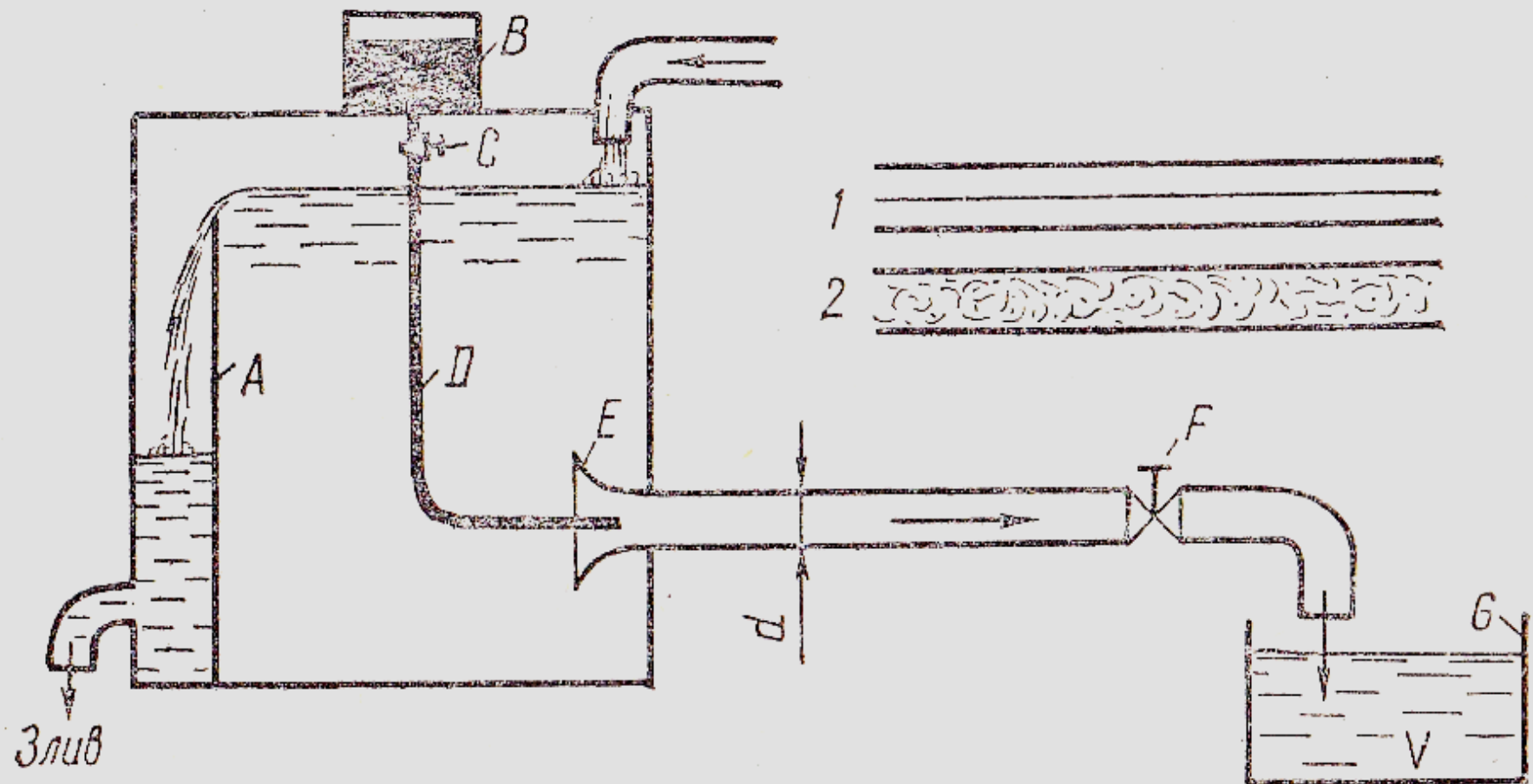


Рис. 3.2. Дослідна установка О. Рейнольдса

турбулентний (2) і ламінарний (1) режими руху рідини