

## ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

### Гідростатика. Тиск у рідині і газі.

Всі речовини складаються із молекул. В залежності від агрегатного стану речовини поділяють на гази, рідини і тверді тіла.

Молекули газу, здійснюючи невпорядкований, хаотичний рух, дуже слабо пов'язані силами взаємодії, тому вони рухаються вільно і в результаті зіткнень намагаються розлетітися у різні сторони, заповнюючи увесь наданий їм об'єм. Тобто об'єм газу визначається об'ємом той посудини, яку він займає.

Як і газ, рідина теж приймає форму посуду, в якій вона знаходиться. Але в рідинах, на відміну від газів, середня відстань між молекулами залишається практично постійною, тому рідина володіє практично незмінним об'ємом.

Хоча властивості рідин і газів багато в чому відрізняються, у ряді механічних явищ їх поведінка визначається однаковими параметрами і схожими рівняннями. Тому **гідроаеромеханіка** – це розділ механіки, який вивчає рівновагу газів (**аеростатика**) і рідин (**гідростатика**), а також їх рух (**аеродинаміка і гідродинаміка**), їх взаємодію між собою і тілами, що обтікаються, - використовують єдиний підхід до вивчення як газів, так і рідин.

У механіці з достатньою точністю рідини і гази розглядають як **суцільні**, тобто безперервно розподілені у зайнятій ними частинами простору. Густина рідини мало залежить від тиску, а густина газів – значно залежить від тиску. З досліду відомо, що стисканням газу в багатьох задачах можна знехтувати і користуватися єдиним поняттям **рідини, що не стискається** – рідини, густина якої всюди однакова і не змінюється з часом.

Якщо у рідину, яка покоїться, помістити тонку пластину, то частини рідини, які знаходяться по різні сторони від пластинки, будуть діяти на кожний її елемент  $\Delta S$  з силами  $\Delta \vec{F}$ , які не залежно від того, як пластинка зорієнтована, будуть рівні по модулю і спрямовані перпендикулярно кожному елементу пластинки (рис. 1.1).

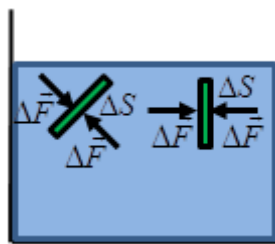


Рис. 1.1

Скалярна фізична величина, що визначається нормальною силою, яка діє зі сторони рідини на одиницю площі, називається тиском  $P$  рідини:

$$p = \frac{\Delta F_n}{\Delta S} \quad (1.1)$$

Одиницею тиску в СІ є паскаль (Па). 1 Па = 1 Н/м<sup>2</sup>.

Тиск при рівновазі рідини рідин (газів) підлягає **закону Паскаля**:

Тиск у будь-якому місці рідини, що покоїться, однаковий по всім напрямкам і однаково передається по всьому об'єму, який займає рідина.

Розглянемо, як впливає вага рідини на розподіл тиску всередині рідини, що не стискається. При рівновазі рідини тиск по горизонталі завжди однаковий, бо не було б рівноваги. Тому вільна поверхня рідини, що покоїться, завжди горизонтальна вдалині від стінок посуду. Якщо рідина на стискається, то її густина не залежить від тиску. При поперечному перерізі  $S$  стовпчика рідини, його висоті  $h$  і густині  $\rho$ , вага  $P = mg = \rho Vg = \rho Shg$ , а тиск на нижній шар:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{\rho g Sh}{S} = \rho gh$$

Таким чином, тиск рідини, що покоїться, змінюється лінійно з висотою стовпчика рідини і називається **гідростатичним**:

$$p = \rho gh \quad (1.2)$$

Згідно цього закону, сила тиску на нижні шари рідини буде більша, ніж на верхні, тому на тіло, занурене у рідину, діє виштовхуюча сила, яка визначається **законом Архімеда**:

На тіло, занурене у рідину (газ), діє зі сторони цієї рідини спрямована вертикально вгору сила, рівна вазі виштовханої рідини (газу):

$$F_A = \rho g V, \quad (1.3)$$

де  $\rho$  - густина рідини (газу),  $V$  - об'єм зануреного у рідину тіла.

### Питання 1.1

Вибрати правильне визначення.

Тиск рідини – це:

- 1) скалярна фізична величина, яка визначається нормальною силою, що діє на одиничну площу даної поверхні.
- 2) векторна фізична величина, яка визначається нормальною силою, що діє на одиничну площу даної поверхні.
- 3) скалярна фізична величина, яка визначається силою, що діє на одиничну площу даної поверхні.
- 4) скалярна фізична величина, яка визначається силою, що діє на дану поверхню.

### Питання 1.2

Вибрати формулу за якою визначається тиск, який створює стовп рідини.

1.  $p = NkT$  .

2.  $p = \rho gh$  .

3.  $p = \frac{\rho}{M} RT$  .

4.  $p = \frac{\rho V^2}{2}$  .

### Питання 1.3

Вибрати правильну відповідь.

В яких одиницях вимірюється тиск?

1. В Дж.

2. В Н.
3. В Па.
4. В Вт.

#### Питання 1.4

Вказати формулу за якою визначається сила Архімеда, що діє на тіло занурене у рідину ( $\rho_p$  і  $V_p$  – відповідно густина і об'єм рідини, а  $\rho_m$  і  $V_m$  – відповідно густина і об'єм тіла).

1.  $F = \rho_p g V_m$ .
2.  $F = \rho_p g V_p$ .
3.  $F = \rho_m g V_m$ .
4.  $F = \rho_m g V_p$ .

#### Питання 1.5

Вибрати, яке скалярне рівняння руху відповідає рівномірному руху вгору кульки у рідині під дією виштовхуючої сили ( $F_A$ ), сили тертя ( $F_T$ ) та сили тяжіння ( $mg$ )?

1.  $F_A + mg + F_T = 0$ .
2.  $F_A + mg - F_T = 0$ .
3.  $F_A - mg - F_T = 0$ .
4.  $F_A - mg + F_T = ma$ .

## 1.2. Гідродинаміка. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Рівняння Торічеллі.

Рух рідин (газів) називають **течією**, а сукупність частинок рідини, які рухаються – **поток**.

Графічно рух рідин зображується за допомогою **ліній струму**, які проводяться так, що дотичні до них співпадають за напрямком з вектором швидкості рідини у відповідних точках простору (рис. 1.2).



Рис. 1.2

Лінії струму проводяться таким чином, щоб їх щільність, яка характеризується відношенням числа ліній до площі перпендикулярної їм площадки, через яку вони проходять, була більшою там, де більша швидкість руху течії, а менша там, де ця швидкість менша. Таким чином, по картинці ліній струму можна судити про напрямок і модуль швидкості в різних точках простору, тобто можна визначити стан руху рідини. Лінії струму можна «проявити», наприклад, підмішавши в неї які-небудь помітні легкі частинки.

Частину рідини, обмежену лініями струму, називають **трубкою струму**. Течія рідини називається **усталеною (стаціонарною)**, якщо форма і розміщення ліній струму, а також значення швидкостей в кожній її точці з часом не змінюються.

Для будь якої стаціонарної течії виконується **закон нерозривності течії**, згідно якому, добуток швидкості течії рідини, яка не стискається, на площу поперечного перерізу трубки струму є величина постійна для даної трубки струму:

$$Sv = const \quad (1.4)$$

Це рівняння має назву **рівняння нерозривності**.

Якщо розглянути певну трубку струму (рис. 1.3), то для будь якого поперечного перерізу даної трубки

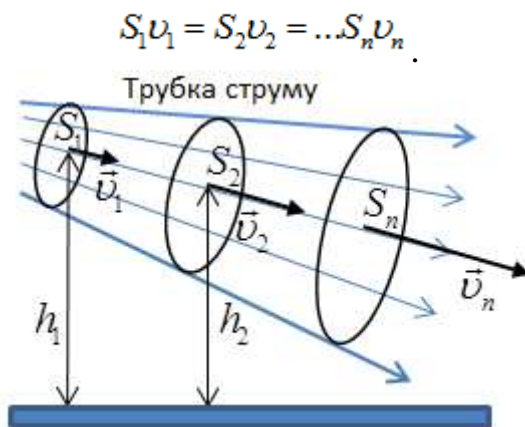


Рис. 1.3

Якщо поперечні перерізи стаціонарної течії знаходяться на різних висотах по відношенню до вибраного нульового рівня (на рис. 1.3 зафарбовано синім кольором), то при русі рідини вздовж трубки струму буде змінюватися потенціальна енергія кожного елементарного об'єму рухомої рідини. Повна механічна енергія  $E$  кожного виділеного елементарного об'єму рухомої рідини буде рівна сумі його кінетичної  $E_k$  і потенціальної  $E_n$  енергії. Нехай в першому перерізі  $S_1$ , який знаходиться на висоті  $h_1$ , швидкість рівна  $v_1$ , а тиск  $p_1$ . Аналогічно у другому перерізі площею  $S_2$ , на висоті  $h_2$ , швидкість -  $v_2$ , тиск -  $p_2$ . Згідно закону збереження енергії, зміна повної енергії повинна бути рівна роботі зовнішніх сил по переміщенню маси  $\Delta m$  виділеного елементарного об'єму рідини:

$$E_2 - E_1 = A$$

Враховуючи, що

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh \quad ; \quad A = F\Delta l = pS\Delta l$$

де  $\Delta l$  - відстань, яку елементарний об'єм проходить за час  $\Delta t$ , отримаємо рівняння:

$$\frac{\Delta m v_1^2}{2} + \Delta m g h_1 + p_1 S_1 v_1 \Delta t = \frac{\Delta m v_2^2}{2} + \Delta m g h_2 + p_2 S_2 v_2 \Delta t$$

(1.4)

За рівнянням нерозривності:

$$\Delta V = S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$$

Поділивши рівняння (1.4) на елементарний об'єм  $\Delta V$ , отримаємо:

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

де  $\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$  - густина рідини.

Оскільки переріз 1 і 2 були вибрані довільно, то ця рівність буде виконуватися для будь якого перерізу трубки струму, отже:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = const \quad (1.5)$$

Це рівняння носить назву **рівняння Бернуллі**.

Величина  $P$  називається **статичним тиском** (тиск рідини на поверхню тіла, що

обтікається),  $P_d = \frac{\rho v^2}{2}$  - **динамічним тиском**,  $P_{г.ст.} = \rho g h$  - **гідростатичним тиском**.

Таким чином **закон Бернуллі** формулюють наступним чином: алгебраїчна сума динамічного, гідростатичного і статичного тисків для стаціонарної течії рідини, що не стискається є постійною величиною для будь якого перерізу трубки струму.

Для горизонтальної трубки струму ( $h_1 = h_2 = h$ ) рівняння Бернуллі приймає вигляд:

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = const \quad (1.6)$$

За допомогою рівняння Бернуллі можна отримати **формулу Торічеллі** для розрахунку швидкості витікання рідини через малий отвір у стінці або дні посуду:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1.7)$$

де  $v$  - це швидкість витікання рідини з отвору діаметр якого у багато разів менший за діаметр посуду, в якому знаходиться рідина;  $h$  - відстань від поверхні рідини в посуді до отвору.

## Питання 2.1

Вибрати правильне продовження визначення.

Згідно з рівнянням нерозривності струменя для рідини, яка не стискається:

- 1) відношення швидкості рідини до площі поперечного перерізу трубки потоку є величина постійна для даної трубки потоку.
- 2) добуток швидкості рідини на площу поперечного перерізу трубки потоку не є величиною постійною для даної трубки потоку.
- 3) добуток швидкості рідини на площу поперечного перерізу трубки потоку є величиною постійною для даної трубки потоку.
- 4) відношення швидкостей течії рідини у різних перерізах трубки потоку прямо пропорційне відповідному відношенню площ цих перерізів.

## Питання 2.2

Вибрати за якою формулою визначається гідродинамічний тиск.

1.  $p = \rho gh$ .

2.  $p = NkT$ .

3.  $p = \frac{\rho}{M} RT$ .

4.  $p = \frac{\rho V^2}{2}$ .

### Питання 2.3

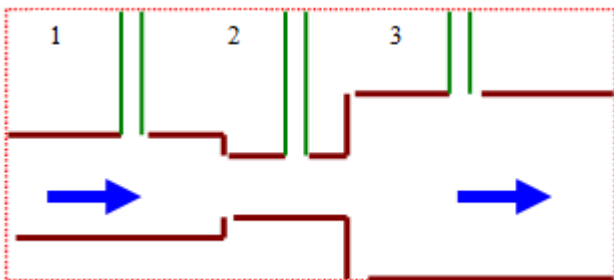
Вибрати правильне твердження.

Відповідно до рівняння Бернуллі:

- 1) для течії ідеальної рідини, що встановилася, сума статичного, динамічного та гідростатичного тиску є величиною сталою для будь якого перерізу трубки потоку.
- 2) для течії ідеальної рідини, що встановилася, сума статичного, динамічного та гідростатичного тиску залежить від площі перерізу трубки потоку.
- 3) для течії ідеальної рідини, що встановилася, сума статичного, динамічного та гідростатичного тиску змінюється з часом за лінійним законом.
- 4) для течії ідеальної рідини, що встановилася, сума динамічного та гідростатичного тиску дорівнює статичному тиску.

### Питання 2.4

Вказати номер манометра (дивись рисунок), у якому буде спостерігатися найбільший стовпчик рідини, якщо вона рухається горизонтальною трубою (потік рідини вважати таким, який встановився).

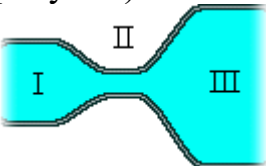


1. 1.
2. 2.
3. 3.

### Питання 2.5

Укажіть вірну відповідь.

Нестискувана рідина тече горизонтальною трубою змінного перерізу (дивись рисунок). В якому перерізі статичний тиск стаціонарної течії найбільший?



- 1) В перерізі I.
- 2) В перерізі II.
- 3) В перерізі III.
- 4) У всіх перерізах однаковий.

### 1.3 В'язкість (внутрішнє тертя).

**В'язкість (внутрішнє тертя)** – це властивість реальних рідин надавати опір переміщенню однієї частини рідини відносно іншої. При переміщенні однієї частини рідини відносно іншої виникають сили внутрішнього тертя, спрямовані по дотичній до поверхні шарів. Дія цих сил проявляється в тому, що зі сторони шару, який рухається скоріше, на шар, який рухається повільніше, діє прискорююча сила. Сила

внутрішнього тертя  $\vec{F}_{\text{вн}}$  тим більша, чим більша площа поверхні шару  $S$  (рис.1.4), і залежить від того, наскільки швидко змінюється швидкість течії рідини при переході від шару до шару.

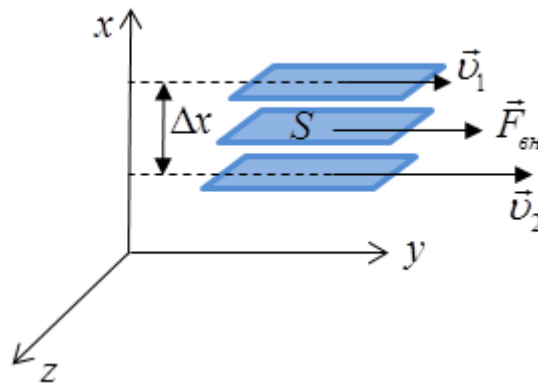


Рис. 1.4

На рис 1.4 зображено два довільні шари, які знаходяться на відстані  $\Delta x$  один від одного і рухаються зі швидкостями  $\vec{v}_1$  і  $\vec{v}_2$ . При цьому  $\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \Delta \vec{v}$ . Відстань між

шарами відраховується у напрямку, перпендикулярному швидкості. Величина  $\frac{\Delta v}{\Delta x}$  показує, як швидко змінюється швидкість при переході від шару до шару в напрямку  $x$ , перпендикулярному напрямку руху шарів, і називається **градієнтом швидкості**.

Таким чином, модуль сили внутрішнього тертя

$$F_{\text{вн}} = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| S, \quad (1.8)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, який називається **коефіцієнтом внутрішнього тертя**, або **динамічною в'язкістю**.

Одиниця динамічної в'язкості - паскаль-секунда, [Па·с]. Коефіцієнт в'язкого тертя залежить від природи рідини і температури. коефіцієнтом в'язкого тертя

Чим більша в'язкість, тим сильніше рідина відрізняється від ідеальної, тим більші сили внутрішнього тертя в ній виникають. В'язкість залежить від температури, причому характер цієї залежності для рідин і газів різний. Для рідини в'язкість із зростанням температури зменшується, а у газів навпаки.

Існує два режими течії рідини. Течія називається **ламінарною**, якщо вздовж потоку кожний виділений шар ковзає відносно інших, не змішуючись з ними. Якщо вздовж потоку виникає інтенсивне перемішування рідини, така течія називається **турбулентною**.

Ламінарна течія спостерігається при невеликих швидкостях течії. Зовнішній шар рідини, що примикає до поверхні труби, в якій вона тече, із-за сил молекулярного щеплення прилипає до неї і залишається нерухомим. Швидкості наступних шарів тим більші, чим більша їх відстань до поверхні труби.

При турбулентній течії частинки рідини набувають складові швидкостей, перпендикулярних напрямку течії, тому вони можуть переходити з шару в шар. Швидкість частинок рідини стрімко зростає по мірі віддалення від поверхні труби, а потім змінюється незначно.

Профіль усередненої швидкості для двох видів течії показано на рис. 1.5.

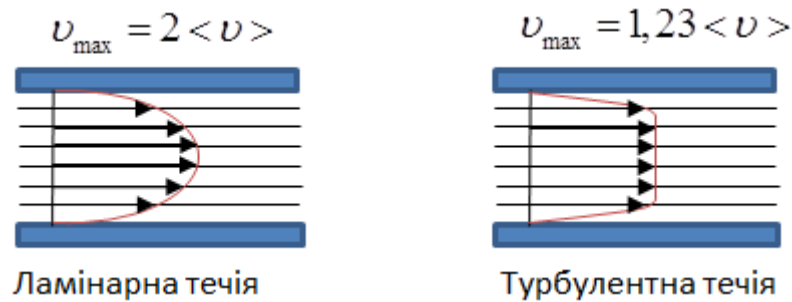


Рис. 1.5

Англійський вчений О. Рейнольдс встановив, що характер течії залежить від безрозмірної величини, яка називається **числом Рейнольдса**:

$$Re = \frac{\rho \langle v \rangle d}{\eta} = \frac{\langle v \rangle d}{\nu}, \quad (1.9)$$

де  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$  - кінематична в'язкість,  $\rho$  - густина рідини,  $d$  - характерний лінійний розмір (наприклад, діаметр труби).

При малих значення числа Рейнольдса ( $Re \leq 1000$ ) спостерігається ламінарна течія, перехід від ламінарної до турбулентної течії виникає при  $1000 \leq Re \leq 2000$ , а при  $Re \geq 2300$  - спостерігається турбулентна течія.

### Питання 3.1

Вибрати правильну відповідь.

В яких одиницях вимірюється коефіцієнт внутрішнього тертя?

1. В Дж.
2. В Н.
3. В Па.
4. В Па·с.

### Питання 3.2

Укажіть математичний вираз, за яким визначається сила внутрішнього тертя:

1.  $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ .
2.  $F = -k \cdot x$ .



$$F = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| S$$

3. .

4.  $F = m \cdot a$  .

### Питання 3.3

Укажіть математичний вираз, за яким визначається градієнт швидкості:

1.  $m \cdot \vec{v}$  .

2.  $\frac{F}{s}$  .

3.  $\vec{F} \cdot \vec{s}$  .

4.  $\frac{\Delta v}{\Delta x}$  .

5.  $\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \Delta \vec{v}$  .

## Приклади розв'язування задач

1.1 Рідина тече горизонтальною трубою змінного перерізу (див. рис. 1.1). Швидкість течії у широкій частині труби діаметром 10 см дорівнює 40 см/с. Визначити швидкість течії у вузькій частині труби, діаметр якої 2 см.

Дано:

$$d_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$V_1 = 40 \text{ см/с} = 0,4 \text{ м/с}$$

$$d_2 = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$V_2 = ?$$

Розв'язок:

Для розв'язку задачі використаємо умову нерозривності струменя

$$V_1 S_1 = V_2 S_2,$$

(1.1)

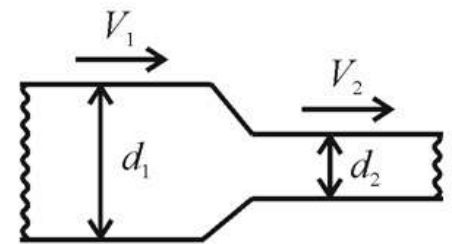


Рис. 1.1

де  $S_1$  та  $S_2$  – площі поперечного перерізу труби у двох місцях;  $V_1$  та  $V_2$  – швидкості течії рідини у двох місцях.

Переріз труби має форму круга і, тому, площа перерізу труби дорівнюватиме площі круга

$$S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Тоді

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4},$$

$$S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}.$$

Підставимо ці рівняння у рівняння (1.1)

$$V_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi d_2^2}{4},$$

$$V_1 d_1^2 = V_2 d_2^2.$$

Звідси знайдемо швидкість  $V_2$

$$V_2 = V_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} = 0,4 \frac{0,1^2}{0,02^2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

*Відповідь:* 10 м/с.

1.2. У горизонтальній трубі змінного перерізу в широкій частині вода тече зі швидкістю 0,05 м/с під статичним тиском 1 кПа. З якою швидкістю тече вода у вузькій частині труби? Статичний тиск у вузькій частині труби дорівнює 0,8 кПа. Густина води 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Дано:

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$V_1 = 0,05 \text{ м/с}$$

$$p_1 = 1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}$$

$$p_2 = 0,8 \text{ кПа} = 800 \text{ Па}$$

$$V_2 = ?$$

Розв'язок:

Для розв'язку задачі використаємо рівняння Бернуллі для нестискуваної рідини

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho g h_2, \quad (1.2)$$

де  $p_1$  та  $p_2$  – статичні тиски рідини у двох перерізах труби;  $V_1$  та  $V_2$  – швидкості рідини у двох перерізах;  $\rho V_1^2/2$  та  $\rho V_2^2/2$  – динамічні тиски рідини у двох перерізах;  $h_1$  та  $h_2$  – висоти цих перерізів над деякою горизонтальною поверхнею;  $\rho g h_1$  та  $\rho g h_2$  – гідростатичні тиски у цих перерізах.

Оскільки труба горизонтальна, висоти  $h_1$  та  $h_2$  будуть рівні і, відповідно, гідростатичні тиски  $\rho g h_1$  та  $\rho g h_2$  також будуть рівні

$$\rho g h_1 = \rho g h_2.$$

Скоротивши  $\rho g h_1$  та  $\rho g h_2$  у рівнянні (1.2), отримаємо рівняння Бернуллі для горизонтальної труби

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2}.$$

Звідси можна знайти  $V_2$

$$\frac{\rho V_2^2}{2} = p_1 - p_2 + \frac{\rho V_1^2}{2},$$

$$V_2^2 = \frac{2(p_1 - p_2 + \frac{\rho V_1^2}{2})}{\rho},$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2 + \frac{\rho V_1^2}{2})}{\rho}},$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(1000 - 800 + \frac{1000 \cdot 0,05_1^2}{2})}{1000}} = 0,63 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Відповідь: 0,63 м/с.

1.3. Нестискувана рідина тече горизонтальною трубою змінного перерізу (див. рис. 1.2). В якому перерізі: 1) динамічний тиск найменший; 2) статичний тиск найменший?

Розв'язок

1. Динамічний тиск визначається за формулою

$$p_d = \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1.3)$$

де  $\rho$  – густина рідини;  $V$  – швидкість рідини.

Як видно з малюнка, діаметр перерізу 1 менший за діаметр перерізу 2

$$d_1 < d_2.$$

Відповідно площа перерізу 1 менша за площу перерізу 2

$$S_1 < S_2.$$

Розглянемо умову нерозривності струменя

$$V_1 S_1 = V_2 S_2,$$

або

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{S_1}{S_2}. \quad (1.4)$$

Оскільки  $S_1 < S_2$ , то з рівняння (74) слідує, що  $V_2 < V_1$ .

Згідно рівняння (1.3) динамічний тиск залежить від густини рідини  $\rho$  та швидкості рідини  $V$ . Густина однакова у обох перерізах, а швидкість менша у перерізі 2. Отже

$$\frac{\rho V_2^2}{2} < \frac{\rho V_1^2}{2},$$

або

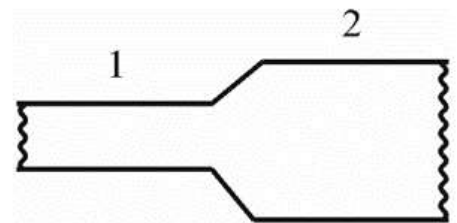


Рис. 1.2

$$p_{д2} < p_{д1}.$$

2. Для розв'язку задачі використаємо рівняння Бернуллі

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho g h_2.$$

Як видно з малюнка, труба горизонтальна. У розв'язку задачі № 10.2 ми з'ясували, що для горизонтальної труби рівняння Бернуллі має вигляд

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2}.$$

Перетворимо це рівняння наступним чином

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho V_2^2}{2} - \frac{\rho V_1^2}{2}. \quad (1.5)$$

З рівняння (1.5) слідує, що

$$\frac{\rho V_2^2}{2} - \frac{\rho V_1^2}{2} < 0.$$

Тоді, згідно рівняння (1.5)

$$p_1 - p_2 < 0,$$

або

$$p_1 < p_2.$$

*Відповідь:* 1) у другому перерізі; 2) у першому перерізі.

## Задачі для самостійного розв'язування

1.1. По трубці, яка має змінну площу перерізу, тече рідина. Знайти співвідношення швидкостей течії у перерізах, відношення площ для яких дорівнює двом.

1.2. Знайти динамічний тиск води (густина води  $1000 \text{ кг/м}^3$ ), яка виштовхується поршнем насоса зі швидкістю  $10 \text{ м/с}$ .

1.3. Горизонтальний поршень, який має площу  $1,2 \text{ см}^2$  рухається в трубці з рідиною зі швидкістю  $1 \text{ м/с}$ . Визначити швидкість з якою рідина виприскується з протилежного вузького кінця трубки площею  $0,1 \text{ см}^2$ . Рідину вважати такою, що не стискається.

1.4. Визначити швидкість вітру, якщо він створює на стіну тиск  $300 \text{ Па}$ . Вітер дме перпендикулярно стіні. Густина повітря  $1,5 \text{ кг/м}^3$ .

1.5. У скільки разів зменшилася швидкість течії рідини, якщо її динамічний тиск зменшився у 9 разів?