

РОЗДІЛ 2. ГІДРОСТАТИКА.

2.1. Поняття про гідростатичний тиск і його властивості.

1. Поняття про гідростатичний тиск .
2. Розрахунок одиниці виміру гідростатичного тиску.
3. Властивості гідростатичного тиску

1. Поняття про гідростатичний тиск .

Гідростатика- це розділ гідравліки, в якому вивчається рівновага (спокій) рідин і розглядаються методи застосування законів, що описують рівновагу рідин, в інженерній практиці.

В інженерній практиці розглядають два види рівноваги рідин - абсолютну й відносну.

При абсолютній рівновазі рідина і посудина, в якій вона знаходиться, нерухомі відносно Землі. Прикладами абсолютної рівноваги рідини є цистерни, що встановлюються на базах і складах наливно-мастильних матеріалів, різні баки для зберігання рідин, які встановлюють на нерухомих опорах.

При відносній рівновазі рідина нерухома відносно посудини, в якій вона знаходиться, а сама посудина здійснює якийсь вид руху - прямолінійний чи обертовий. Прикладами відносної рівноваги рідини є залізничні цистерни, в яких перевозяться рідини, автобензовози, автомолоковози та ін.

Таким чином, об'єктом чи предметом вивчення в гідростатиці є рідина чи її певний об'єм, які знаходяться в стані рівноваги.

Основним параметром, який характеризує стан рівноваги рідини, є гідростатичний тиск.

Гідростатичний тиск p , Па, - це стискує напруження, що виникає всередині рідини, яка знаходиться в стані рівноваги. У рідині, яка знаходиться в стані рівноваги, можливий лише один вид напруження — напруження стиснення, і виникає воно під дією сил, про які зазначалося раніше. Гідростатичний тиск - це диференціююча характеристика, тобто він діє в будь-якій точці рідини.

2. Розрахунок одиниці виміру гідростатичного тиску.

Для ілюстрації і теоретичного обґрунтування явища гідростатичного тиску розглянемо деякий об'єм рідини, яка знаходиться в стані рівноваги (рис. 2.1.1).

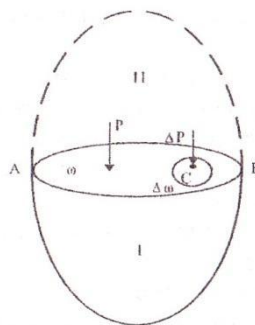


Рис. 1.4. Схема до обґрунтування понять середнього гідростатичного тиску й гідростатичного тиску в точці

Рис. 2.1.1. Схема до обґрунтування понять середнього гідростатичного тиску й гідростатичного тиску в точці

Розсічемо уявно цей об'єм рідини площиною А-В на дві частини - нижню І і верхню ІІ, а площу перерізу позначимо через ω

Уявно відкинемо верхню частину II, а її дію, для збереження рівноваги частини I, замінимо силою P , еквівалентною дії відкинутої частини II на нижню частину I. Відношення сили до площі перерізу буде середнім гідростатичним тиском на площі ω який описується формулою

$$P_{cp} = P/\omega \quad (2.1.1)$$

Виділимо на площі перерізу ω елементарну площадку площею $\Delta\omega$ на яку буде діяти частка ΔP сили P . Границя відношення елементарної сили ΔP до площі $\Delta\omega$ при наближенні останньої до нуля, називається *гідростатичним тиском у точці* (за рис. 2.1.1- у точці C), що описується формулою

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (2.1.2)$$

Крім названої раніше одиниці вимірювання тиску Па ($1 \text{ Па} = \text{Н/м}^2$), у техніці часто застосовуються й такі несистемні одиниці тиску: $1 \text{ технічна атмосфера} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ кгс/м}^2 = 10^5 \text{ Н/м}^2 = 10^5 \text{ Па} \gg 1 \text{ бар} = 735 \text{ мм рт. ст.} = 10000 \text{ мм вод. ст.} = 10 \text{ м вод. ст.}$ ($1 \text{ мм рт. ст.} = 133,322 \text{ Па}$; $1 \text{ мм вод. ст.} = 9,806 \text{ Па}$)

3. Властивості гідростатичного тиску

Гідростатичний тиск характеризується трьома основними властивостями.

Гідростатичний тиск завжди напрямлений по внутрішній нормалі до поверхні, на яку він діє.

Доводиться ця властивість методом від протилежного. Припустимо, що, як і в попередньому випадку, після відкинення частини II від основного об'єму рідини (рис. 1.6) її дія буде замінена силою P , яка напрямлена не по внутрішній нормалі до площини перерізу Л-В, а під деяким кутом. Тоді силу P можна розкласти на дві складові: нормальну (перпендикулярну до площини А-В) P_n , і дотичну P_x . Оскільки дотичне напруження має місце тільки в рухомій рідині, то в цьому випадку $P_x = 0$. Тому зроблене нами припущення про напрямлення сили P не по внутрішній нормалі неправильне. Таким чином, сила P (рис. 2.1.2) діє тільки в напрямку складової P_n тобто нормально до поверхні А-В. Щодо напрямку її дії, то у випадку зовнішньої нормалі в рідині виникли б розтягуючі зусилля, що викликало б рух усередині рідини, а це суперечить умові рівноваги. Таким чином, сила гідростатичного тиску завжди діє стискує, тобто напрямлена по внутрішній нормалі.

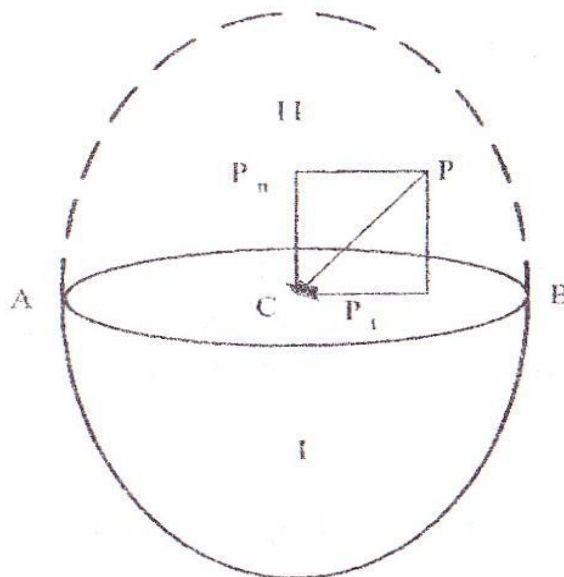


Рис. 1.6. Схема до обґрунтування першої властивості гідростатичного тиску

Гідростатичний тиск у будь-якій точці рідини діє однаково по всіх напрямках.

Дія обґрунтування цієї властивості виділимо в рідині, яка знаходиться в стані рівноваги, тригранну призму зовсім малих розмірів (рис. 2.1.3). Припустимо, що на її грані діє різний гідростатичний тиск. Позначимо не заштриховані грані призми: вертикальну - *a*, горизонтальну - *c* і нахилену - *b*. Умовою рівноваги призми є рівність нулю всіх діючих на неї сил: сил гідростатичного тиску і ваги рідини в об'ємі призми. Вагою рідини при доведенні можна знехтувати, зважаючи на малість об'єму призми. Сили гідростатичного тиску, які діють на заштриховані торцеві грані, рівні за величиною і протилежним напрямком, а тому й ними нехтуємо. Таким чином, умовою рівноваги призми може бути рівність нулю суми проекцій на осі *x* і *z* сил гідростатичного тиску, які діють на грані - вертикальну *a*, горизонтальну *c* й нахилену *b*.

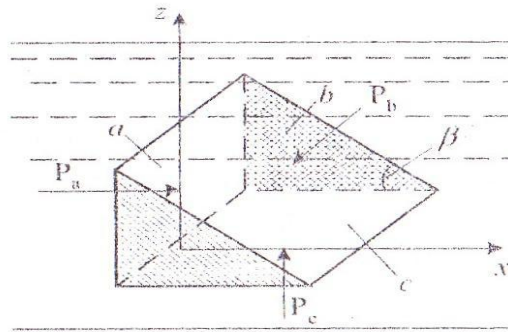


Рис. 1.7. Схема до обґрунтування другої властивості гідростатичного тиску

Сума проекцій на вісь *x* буде

$$p_a \Delta S_a - p_b \Delta S_b \sin \beta = 0 \quad (2.1.3)$$

де p_a і p_b - гідростатичний тиск, який діє відповідно на Грані *a* і *b*;

ΔS_a і ΔS_b - площа граней, відповідно *a* і *b*.

Сума проекцій на вісь *z* буде

$$p_b \Delta S_b \cos \beta - p_c \Delta S_c = 0 \quad (2.1.4)$$

де $p_c \Delta S_c$ - відповідно гідростатичний тиск, який діє на грань *c*, і площа грані *c*.

Оскільки $\Delta S_b \sin \beta = \Delta S_a$ і $\Delta S_b \cos \beta = \Delta S_c$, то умову рівноваги можна переписати у вигляді $p_a \Delta S_a - p_b \Delta S_a = 0$ і $p_b \Delta S_c - p_c \Delta S_c = 0$ або $(p_a - p_b) \Delta S_a = 0$ і $(p_b - p_c) \Delta S_c = 0$, що можливо при $p_a = p_b = p_c$. Тоді $p_a = p_b = p_c$. Таким чином, величина гідростатичного тиску не залежить від положення площадки, на яку він діє. Доведення цього положення ґрунтується на малості призми, що розглядається. Оскільки призма нескінченно мала, тобто "стягнута" в точку, то результати доведення можна повністю віднести до властивості гідростатичного тиску в точці.

Гідростатичний тиск у точці залежить від координат (положення) точки в рідині й від густини рідини, тобто

$$P = f(x, y, z, \rho) \quad (2.1.5)$$

де *x*, *y*, *z* - координати положення точки в рідині;

ρ — густина рідини.

Наприклад, гідростатичний тиск у будь-якій точці води, зануреній на таку ж глибину, як і в ртуті (при температурі обох рідин 0 °C), буде в 13,6 разів менше, ніж в останній ($\rho_{\text{вод}} = 999,9 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{рт}} = 13596 \text{ кг/м}^3$).