



УДК 631.3:621.1

DETERMINATION OF HYDROSTATIC PRESSURE ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

Vasilenkov V.E. / Василенков В.Є.

с.т.с., ас. проф. / к.т.н., доц.

National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kyiv, Heroiv Oborony, 15, 03041

Національний університет біоресурсів і природопольовання України, Київ,

ул. Героев Оборони 15, 03041

Анотація. В статті наведено результати досліджень випадку рівноваги (спокою) рідини під дією однієї поверхневої сили (сили тиску на вільну поверхню рідини) і однієї масової сили. Приведено формулу визначення одиничного гідростатичного тиску і його залежність від глибини занурення точки і ваги рідини над даною точкою. Доведено, що для вимірювання тиску, який дорівнює одній атмосфері ($9,81 \cdot 10^4$ Па) потрібно п'єзометр з трубкою заповненою водою висотою 10 м. При вимірюванні аналогічного тиску ртутним п'єзометром (щільність ртуті $\rho_p = 13600$ кг/м³) висота 735 мм.рт.ст.

Ключові слова: рівновага рідини, прилади, параметри, тиск.

Актуальність. Вимірювання тиску чи розрідження полягає у встановленні значень цих величин у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. Крім цього, цей параметр використовується при непрямих вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо, тому це являє собою одну з головних задач гідродинаміки і являється актуальною задачею

Мета роботи: кількісне визначення параметрів тиску в гідравлічних системах і технологія їх підрахунків.

Матеріали і методика досліджень. Схеми підключення і методика вимірювання параметрів тиску рідин у стані спокою

Результати досліджень. Всі рідини на Землі знаходяться під тиском поверхневих і масових сил [1-3].

До поверхневих належать сили, що діють на поверхню, які відділяють об'єм рідини, що розглядається, від газової або твердої фази. Наприклад, сила тиску атмосферного повітря або поршня на поверхню рідини.

До масових відносяться сили, напрямом і величина яких обумовлена масою самої рідини. Наприклад, сила тяжіння, сили інерції, відцентрова і т. п.

Найбільш простим і тим, що часто зустрічається в природі і техніці випадком рівноваги (спокою) рідини є рівновага під дією однієї поверхневої сили (сили тиску на вільну поверхню рідини) F і однієї масової сили (сили тяжіння) G .

У результаті дії цих сил всередині рідини виникає тиск, який в будь-якій точці визначається за формулою:

$$p_{abc} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{F + G}{S} \quad (1)$$

де p_{abc} - абсолютний одиничний гідростатичний тиск в точці рідини, Н/м²;

F - сила тиску на вільну поверхню рідини над розглянутою точкою, Н;



G - сила гідростатичного тиску, чисельно рівна вазі рідини над розглянутою точкою, Н;

S - площа поверхні, на яку діють сили, м².

Тиск P в якій-небудь точці рідини, що виникає під дією тільки сили тяжіння, називають одиничним гідростатичним тиском:

$$p = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{G}{S} \quad (2)$$

Одиничний гідростатичний тиск має дві основні властивості - тиск у точці по всіх напрямках діє з однаковою силою, і ця сила спрямована завжди по внутрішній нормалі (перпендикуляру) до площі. Іншими словами, одиничний гідростатичний тиск - це стискаюча напружка, що виникає в рідині під дією сил тяжіння.

Одиничний гідростатичний тиск залежить від глибини занурення точки і ваги рідини над даною точкою:

$$p = \rho gh = \gamma h \quad (3)$$

де $\gamma = \rho h$ - питома вага рідини (відношення ваги рідини до її об'єму), Н/м³;

$\rho = m / V$ - щільність рідини (відношення маси рідини до її об'єму), кг/м³;

h - відстань від точки в об'ємі рідини до вільної поверхні, м.

Під вільною поверхнею розуміється поверхня розділу фаз (наприклад, рідина - газ або рідина - тверде тіло).

Якщо на вільну поверхню рідини діє атмосферний тиск p_0 , то загальний або абсолютний тиск в точці рідини:

$$p_{абс} = p_0 + \rho gh = p_0 + p_{изб} \quad (4)$$

У цьому випадку одиничний гідростатичний тиск називають надлишковим тиском і позначають $p_{изб}$.

Якщо на вільну поверхню рідини діє тиск p_m - більший, ніж атмосферний ($p_m > p_a$), тоді абсолютний тиск в точці рідини:

$$p_{абс} = p_0 + p_m + \rho gh = p_0 + p'_{изб} \quad (5)$$

У цьому випадку під надлишковим тиском розуміють суму тисків манометричного і гідростатичного, який дорівнює pgh .

Вирази (3) і (4) називаються основними рівняннями гідростатики і дозволяють розрахувати абсолютний або надлишковий тиск в будь-якій точці об'єму рідини, що знаходиться під дією однієї масової сили (сили тяжіння) і однієї поверхневої сили (сили тиску на вільну поверхню).

Надлишковий тиск вимірюється манометром. Найбільш розповсюджені стрілочні манометри мембранного і сифонного типів.

Іншим, не менш поширеним приладом для вимірювання надлишкового тиску, є рідинний манометр (п'езометр), що представляє собою скляну вертикальну трубку, одним кінцем приєднану до ємності з рідиною. Інший кінець з'єднаний з атмосферою. П'езометр дає показання надлишкового тиску, вираженого в метрах стовпа рідини, що заповнює п'езометр. З рівняння (3) висота рідини в п'езометрі:

$$h = \frac{p_{изб}}{\rho g} \quad (6)$$



Так, для вимірювання тиску, що дорівнює одній атмосфері ($9,81 \cdot 10^4$ Па), буде потрібно п'єзометр з трубкою заповненою водою висотою:

$$h = \frac{p_{\text{взб}}}{\rho g} = \frac{9,81 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} = 10 \text{ м}$$

(Густина води $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³ при температурі $t = 20$ °С).

Таким чином, при вимірюванні тиску п'єзометром, заповненим водою, ми отримаємо покази тиску, виражене в метрах водяного стовпа: $p = 10$ м вод. ст. = 1 атм.

При вимірюванні аналогічного тиску ртутним п'єзометром (щільність ртуті $\rho_{\text{р}} = 13600$ кг/м³):

$$h = \frac{9,81 \cdot 10^4}{13600 \cdot 9,81} = 0,735 \text{ м} = 735 \text{ мм.}$$

У цьому випадку цей тиск буде виражено в міліметрах ртутного стовпа: $p = 735$ мм рт. ст. = 1 атм.

Для визначення різниці тисків у двох довільно взятих точках застосовують рідинний диференційний манометр, який представляє собою U-подібну вертикальну трубку, заповнену рідиною (найчастіше водою або ртуттю). Рідинний дифманометр дає покази різниці (перепаду) тиску, вираженої в метрах стовпа налитої в нього рідини [4-5].

У просторі, заповненому рідиною в стані спокою, завжди можна знайти поверхню, протягом якої гідростатичний тиск не змінюється. Такі поверхні називають поверхнями рівного тиску або поверхнями рівня. Поверхні рівня не перетинаються між собою і розташовані нормально до напрямку масових сил. Так, у рідині, що знаходиться у спокої під дією сили тяжіння, поверхня рівня - горизонтальна площина.

Висновки

Представлена формулу визначення тиску для випадку рівноваги (спокою) рідини під дією однієї поверхневої сили (сили тиску на вільну поверхню рідини) і однієї масової сили. Доведено, що для вимірювання тиску, який дорівнює одній атмосфері ($9,81 \cdot 10^4$ Па) потрібно п'єзометр з трубкою заповненою водою висотою 10 м. При вимірюванні аналогічного тиску ртутним п'єзометром (щільність ртуті $\rho_{\text{р}} = 13600$ кг/м³) висота 735 мм.рт.ст.

Література:

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2009. – 288 с
3. В.А. Дідур, Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривід. Дідур В.А., Савченко О.Д. Пастушенко С.І., Мовчан С.І. / Навчальний посібник. Запоріжжя.: Прем'єр, 2005. – 463 с.
4. О.М. Мороз, Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з гідравліки / Мороз О.М. – Харьков.: ХДТУСГ, 1998. – 37 с.
5. В.М. Боярчук, І.М. Флис, С.В. Сиротюк Гідравліка і



сільськогосподарське водопостачання. Робочий зошит для лабораторних робіт/ Боярчук В.М., Флис І.М., Сиротюк С.В. – Львов.: ЛДАУ, 2000.– 43 с.

Abstract. The article presents the results of investigations of the case of equilibrium (rest) of a liquid under the action of one surface force (pressure forces on the free surface of a liquid) and one mass force. The formula for determination of unit hydrostatic pressure and its dependence on the depth of immersion of a point and the weight of a liquid over a given point is given. It is proved that in order to measure the pressure equal to one atmosphere ($9.81 \times 10^4 \text{ Pa}$), a piezometer with a tube filled with water 10 m high will be required. When measuring a similar pressure by a mercury piezometer (mercury density $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg / m}^3$) height 735 mm.hr.st

Key words: liquid equilibrium, devices, parameters, pressure

References

1. Zapolsky A.K. (2005). Vodopostachannya, vodovidvedennya ta yakist` vody`. – Kyiv: High school, 671.
2. Kravchenko V.S. (2009). Vodopostachannya ta kanalizaciya. – Kyiv: Condor, 288.
3. Didur V.A., Savchenko O.D., Pastushenko S.I., Movchan S.I. (2005). Gidravlika, sil`s`kogospodars`ke vodopostachannya ta gidropnevmopty`vid. –Zaporozhye: Premier,463.
4. Moroz O.M. (1998). Metody`chni vkazivky` dlya vy`konannya laboratorny`x robit z gidravliky`. – Kharkov: KhDTUsG, 37
5. Boyarchuk V.M. (2000). Gidravlika i sil`s`kogospodars`ke vodopostachannyayu. Robochy`j zoshy`t dlya laboratorny`x robit. – Lviv: LDAU, 43

Статья отправлена: 10.03.2018 г.

© Василенков В.Є.