

УДК 631.3:621.1

## МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТИСКУ ТА РОЗРІДЖЕННЯ

*В. Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент*

*А. Б. Грабарчук, студент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: wasil14@ukr.net*

**Анотація.** Розглядаються теоретичні основи пізнання законів рівноваги та руху рідин стосовно схем підключення приладів та методики вимірювання параметрів тиску та розрідження рідин і газів у стані спокою та русі. 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.

Метою дослідження було обґрунтування схем підключення приладів для вимірювання тиску та розрідження в гідравлічних системах і технологія їх підрахунків.

Теоретична та експериментальна складова базувалась на теоретичних засадах визначення гідростатичного тиску, набутих практичних навичок роботи з приладами й гідрометричним знаряддям, що зустрічаються в інженерній практиці.

Представлена класифікація приладів для вимірювання тиску за видами вимірювального тиску, принципом дії, величинами від 1000 Па до 100 МПа, отримані схеми підключення і способи вимірювання параметрів тиску та розрідження рідин і газів у стані спокою та в русі.

**Ключові слова:** *рівновага та рух рідини, прилади, параметри, тиск, розрідження*

**Актуальність.** Гідравліка як технічна наука займається вивченням законів рівноваги, руху та взаємодії рідин із твердими тілами, що перебувають у стані спокою або руху.

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 непрямим вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо.

Тому кількісне визначення параметрів тиску та розрідження в гідравлічних системах являє собою одну з головних задач гідродинаміки і являється актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасний рівень розвитку техніки й безперервне зростання автоматизації виробничих процесів обумовлює широке використання пневматичних та гідравлічних приводів і систем управління в різноманітних галузях народного господарства з використанням приладів для вимірювання тиску і розрідження.

Ефективність, великі технічні переваги та високі потенційні можливості приладів для вимірювання тиску і розрідження роблять ці прилади майже універсальним засобом під час автоматизації технологічних процесів. Загальновідоме широке застосування його у верстатобудуванні, машинобудуванні, нафтовидобувній промисловості та багатьох інших галузях народного господарства. У роботах [1-3] представлені матеріали теоретичних основ гідравліки, водопостачання, водовідведення, у [4-5] володіння методикою постановки гідравлічних експериментів. Проведення дослідів сприяє розвитку навичок обробки й викладення отриманих експериментальних даних. Але розробка комплексної практичної технології із застосуванням схем підключення приладів для вимірювання тисків і розрідження з вказівкою величини, яку потрібно вимірювати і формулою для підрахунків є значною інтенсифікацією процесу управління і захисту гідравлічних систем і являє собою одну з головних задач при розрахунку систем водопостачання.

**Мета дослідження** – обґрунтування схем підключення приладів для вимірювання тиску та розрідження в гідравлічних системах і технологія їх підрахунків.

**Матеріали і методика дослідження.** Вивчалися схеми підключення і методика вимірювання параметрів тиску та розрідження рідин і газів у стані спокою та русі, призначення, будова та принцип дії різноманітних приладів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Одиниця тиску в СІ – Паскаль,  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ . Допускається використовувати також одиниці:  $1 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ ат} = 98066,5 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ мм. рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ кгс/м}^2 = 1 \text{ мм. вод. ст.} = 9,81 \text{ Па}$  і т.д.

Атмосферний (барометричний) тиск – це тиск повітряного стовпа. Фізична атмосфера:  $1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм. рт. ст.} = 10,33 \text{ м. вод. ст.} \approx 0,1 \text{ МПа}$ . По відношенню до фізичної атмосфери визначається тиск: абсолютний, надмірний (манометричний), розрідження (вакуум)

$$P_{\text{МАН}} = P_{\text{АБС}} - P_{\text{АТМ}} \quad (1)$$

$$P_{\text{ВАК}} = P_{\text{АТМ}} - P_{\text{АБС}} \quad (2)$$

Прилади для вимірювання тиску класифікують:

- за видами вимірювального тиску:

1) атмосферного – барометри; 2) різниці між абсолютним і атмосферним тиском (надмірний тиск чи розрідження) – манометри і вакуумметри; 3) різниці надмірного тиску чи розрідження поміж точками – диференційні манометри;

- за принципом дії:

1) рідинні (водяні, ртутні, спиртові) – вимірюваний тиск зрівнюється тиском стовпа рідини; 2) механічні (пружинні, мембранні) – деформація пружного елемента (порожнистої трубки, мембрани) згідно закону Гука пропорційна вимірюваному тиску; 3) електричні – під дією тиску чутливим елементом виробляється електричний сигнал; 4) вантажно-поршневі – тиск, що вимірюється, зрівнюється силою тяжіння поршня, навантаженого гирями; 5) комбіновані та інші.

Схеми підключення і вимірювання параметрів рідин і газів у стані спокою та в русі представлені на рисунку.

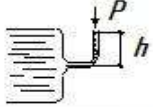
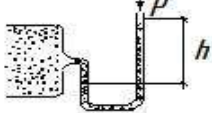
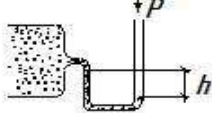
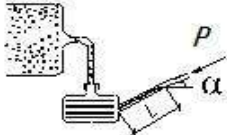

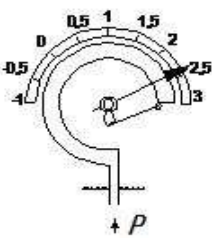
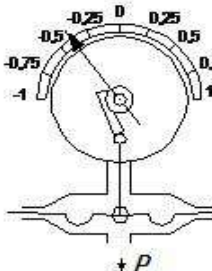
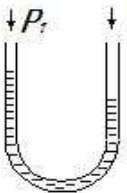
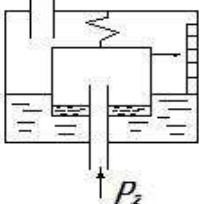
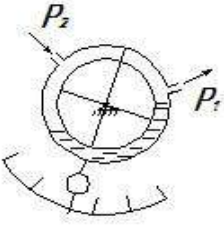
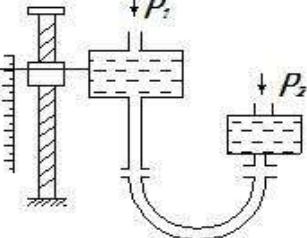
Найменування	Вимірювання надлишкового тиску	Вимірювання розрідження
П'єзометр		
U-образний манометр		
Мікро-манометр		
Мано-вакууметр		
Диференціальний манометр	<p data-bbox="890 1055 986 1088"><math>P_1 &lt; P_2</math></p>  <p data-bbox="667 1290 879 1323">U - подібна трубка</p>  <p data-bbox="962 1335 1262 1368">Дзвониковий дифманометр</p>  <p data-bbox="679 1648 831 1682">Кільцебі бази</p>  <p data-bbox="1050 1664 1230 1720">Компенсаційний мікроманометр</p>	

Рис. Схеми підключення і вимірювання параметрів тиску і розрідження для рідин і газів

Для визначення невеликих надмірних тисків краплинних рідин (до 0,03 МПа) використовуються п'єзметри, що характеризуються простотою, наглядністю вимірювань і високою точністю. Значення надмірного тиску пропорційне висоті рідини у вертикально встановленій і відкритій в атмосферу скляній трубці, Па:

$$P_{\text{МАН}} = \rho g h_p, \quad (3)$$

де  $\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $h_p$  – п'єзометрична висота, м.

Надмірний тиск (розрідження) газоподібних рідин зручно визначати U-подібним мановакууметром за перепадом рівнів манометричної рідини в трубках. Поряд з манометричним тиском ним вимірюється величина вакууму, Па:

$$P_{\text{ВАК}} = \rho g h_B, \quad (4)$$

де  $h_B$  – вакууметрична висота, м.

При заміні однієї з трубок U-подібного мановакууметра чашкою зменшується відносна похибка вимірювання. Це зумовило використання таких мановакууметрів у випадках, що вимагають високої точності визначення надмірного тиску чи розрідження. Збільшення чутливості, а отже, і точності вимірювання може бути досягнуто нахилом вимірювальної трубки зі шкалою під гострим кутом до горизонту. Це характерно для мікроманометрів, які дозволяють поряд із високою точністю вимірювати малі величини надмірного тиску й розрідження (до 1000 Па). При цьому користуються формулою:

$$P = \rho g L \cdot \sin \alpha \cdot C, \quad (5)$$

де  $L$  – відлік, за шкалою мікроманометра, м;  $\alpha$  – кут нахилу вимірювальної трубки, град;  $C$  – постійна величина, наведена в паспорті мікроманометра.

Тягоміри за принципом дії не відрізняються від мікроманометрів, не мають фіксованого кута нахилу до горизонту. І ті й інші звично заповнюються

етиловим спиртом для одержання більш чіткого меніску у вимірювальній трубці, при цьому мала густина спирту підвищує точність вимірювання.

Великий надмірний тиск (до 100 МПа) вимірюється пружинними манометрами. Під дією тиску порожниста трубка-пружина деформується і переміщує стрілку, що фіксує значення цього тиску на шкалі. Аналогічно улаштований мембранний манометр, що вимірює тиск до 3 МПа. Деформація мембрани передається на стрілку, яка показує тиск, що вимірюється.

Таку ж конструкцію мають вакууметри, що вимірюють значення тиску недостатнього до атмосферного. Мановакууметри вимірюють позитивний та негативний надлишковий тиск.

Нуль шкали мановакууметра відповідає атмосферному тиску.

Нині одержують поширення вантажопоршньові манометри. Висока точність вимірювання зумовила їх використання як зразкових для усіх приладів у діапазоні  $10^{-1} - 10^{13}$  Па.

Для вимірювання різниці тисків між двома точками використовуються диференційні манометри, U-подібна трубка, дзвониковий дифманометр, кільцеві ваги та інші.

Перепад тисків визначається за шкалою приладів, проградуєваних у Паскалях, або за формулою:

$$\Delta P = \rho g h , \quad (6)$$

де  $h$  – показання дифманометра, м.

Залежно від способу підключення диференційні манометри можуть бути використані як манометри, вакууметри, мікроманометри.

**Висновки і перспективи.** У результаті проведених досліджень розроблена класифікація приладів для вимірювання тиску за видами вимірювального тиску, принципом дії, величинами від 1000 Па до 100 МПа, отримані схеми підключення і способи вимірювання параметрів тиску та розрідження рідин і газів у стані спокою та в русі.

### Список літератури

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. Дідур В. А. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривід / Дідур В. А., Савченко О. Д. Пастушенко С. І., Мовчан С. І. – Запоріжжя.: Прем'єр, 2005. – 463 с.
4. Мороз О. М. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з гідравліки / Мороз О. М. – Харків: ХДТУСГ, 1998. – 37 с.
5. Боярчук В. М. Гідравліка і сільськогосподарське водопостачання. Робочий зошит для лабораторних робіт / Боярчук В. М., Флис І. М., Сиротюк С. В. – Львів: ЛДАУ, 2000.– 43 с.

### References

1. Zapolsky , A. K. (2005). Vodopostachannya, vodovidvedennya ta yakist' vody [Water supply, drainage and water quality]. Kyiv: Vyshcha shkola, 671.
2. Kravchenko, V. S. (2009). Vodopostachannya ta kanalizaciya [Water supply and sewerage]. 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 [Hydraulics, agricultural water supply and hydropneumatic devices]. Zaporozhye: Premier, 463.
4. Moroz, O. M. (1998). Metody`chni vkazivky` dlya vy`konannya laboratorny`x robit z gidravliky [Methodical instructions for laboratory work on hydraulics]. Kharkiv: KhDTUsG, 37.
5. Boyarchuk, V. M. (2000). Gidravlika i sil's`kogospodars'ke vodopostachannyayu. Robochyj zoshyt dlya laboratornyh robit [Hydraulics and agricultural water supply. Workbook for laboratory work]. Lviv: LDAU, 43

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

**В. Е. Василенков, А. Б. Грабарчук**

**Аннотация.** *Рассматриваются теоретические основы познания законов равновесия и движения жидкостей относительно схем подключения приборов и методики измерения параметров давления и разрежения жидкостей и газов в состоянии покоя и движении. Это необходимо для управления технологическими процессами и обеспечения безопасности производства. Кроме этого этот параметр используется при косвенных измерениях других технологических параметров: уровня, расхода, температуры, плотности и т.п.*

*Целью исследования было обоснование схем подключения приборов для измерения давления и разрежения в гидравлических системах и технология их подсчетов.*

*Теоретическая и экспериментальная составляющая основана на теоретических основах определения гидростатического давления, приобретенных практических навыков работы с приборами и гидрометрических орудием, встречающихся в инженерной практике.*

*Представлена классификация приборов для измерения давления по видам измерительного давления и по принципу действия, полученные схемы подключения и способы измерения параметров давления и разрежения жидкостей и газов в состоянии покоя и в движении. Рассматриваются теоретические основы познания законов равновесия и движения жидкостей относительно схем подключения лабораторных приборов и методики измерения параметров давления и разрежения жидкостей и газов в состоянии покоя и в движении*

**Ключевые слова:** *равновесие и движение жидкости, приборы, параметры, давление, разрежение*

## **METHOD OF MEASUREMENT OF PRESSURE AND DISCHARGE PARAMETERS**

*V. Vasilenkov, A. Grabarchuk*

**Abstract.** *Theoretical bases of knowledge of the laws of equilibrium and motion of liquids are considered with respect to the connection schemes of instruments and the methodology for measuring the pressure and rarefaction of liquids and gases in a state of rest and motion. This is necessary for the management of technological processes and ensuring the safety of production. The Crimea of this parameter is used for indirect measurements of other technological parameters: level, flow, temperature, density.*

*Objective: Investigation of connection schemes for instruments for measuring pressure and vacuum in hydraulic systems and their calculation technology.*

*The theoretical and experimental component is based on the theoretical foundations of the definition of hydrostatic pressure, acquired practical skills in working with instruments and gauging tools found in engineering practice.*

*The classification of instruments for measuring pressure by the types of measuring pressure and the principle of action, the resulting connection schemes and methods for measuring the pressure and rarefaction of liquids and gases in a state of rest and motion are presented. Theoretical bases of knowledge of the laws of equilibrium and motion of liquids with respect to the connection schemes of laboratory instruments and methods for measuring the pressure and rarefaction of liquids and gases in a state of rest and motion*

**Key words:** *ersequilibrium and fluid motion, instruments, parameter, pressure, vacuum*