

**АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ**

Лекція 10

**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ
ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ. ЗАСОБИ ВИМІРУ РІВНЯ, ЩІЛЬНОСТІ,
ВИТРАТ**

Зміст лекції.

1. Вступ
- 2 Поняття тиск, одиниці виміру тиску
- 3 Принципи вимірювання тиску
- 4 Принципи виміру рівня
- 5 Принципи виміру витрат

1. ВСТУП

Пожежна та виробнича автоматика – сукупність технічних елементів та пристроїв, що виявляють і гасять пожежу без участі людини.

Робота пристроїв пожежної і виробничої автоматики буває часто пов'язана з контролем стану технологічних параметрів, або управлінням автоматичними протипожежними системами.

Склад установок та систем пожежної та виробничої автоматики:

- системи сповіщення про пожежу і управління евакуацією;
- системи димовиделення СДВ;
- автоматичні установки пожежогасіння АУПГ;
- системи пожежної сигналізації СПС.

2 ПОНЯТТЯ ТИСК, ОДИНИЦІ ВИМІРУ ТИСКУ

Тиском називають фізичну величину, яка дорівнює відношенню модуля сили F , що діє перпендикулярно поверхні, до площі S цієї поверхні.

$$p = \frac{F}{S}.$$

За одиницю виміру тиску в SI прийнятий тиск, що створює сила 1 Н на перпендикулярну до неї поверхню площею 1 м². Ця одиниця називається Паскалем.

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н м}^{-2}$$

Найменування одиниці тиску дано на честь французького вченого Блеза Паскаля, який жив в середині 17 сторіччя.

Широко застосовуються кратні одиниці кПа, МПа. Допускається використання таких одиниць, як кілограм-сила на квадратний сантиметр (кгс·см⁻²), кілограм-сила на квадратний метр (кгс·м⁻²) і 1 Бар. Співвідношення між системними одиницями і не системними таке:

$$1 \text{ Па} = 10^{-5} \text{ Бар} = 1,0197 \cdot 10^{-5} \text{ кгс} \cdot \text{см}^{-2} = 0,10197 \text{ кгс} \cdot \text{м}^{-2} = 7,5006 \cdot 10^{-3} \text{ мм.рт.ст.}$$

На практиці застосовуються позасистемні одиниці тиску:

- фізична нормальна атмосфера;
- міліметр ртутного стовпа

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101325 \text{ Па} = 10 \text{ м в.ст.}$$

Атмосферним називається найбільший тиск, обумовлений вагою усього стовпа повітря від поверхні Землі до межі атмосфери. На рівні моря атмосферний тиск дорівнює 101325 Па. Зі збільшенням висоти над рівнем моря атмосферний тиск зменшується.

Вимір тиску необхідний для управління технологічними процесами і забезпечення пожежо- та вибухобезпеки виробництва, наприклад, для контролю тиску вогнегасних речовини в установках пожежогасіння, для сигналізації про спрацьовування установки й успішного випуску вогнегасної речовини і навіть у теплових пожежних сповіщувачах. Крім того, цей параметр використовується при непрямих вимірах інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, щільності.

При вимірах розрізняють *абсолютний, надлишковий і вакууметричний* тиск. При цьому за нуль (початок відліку) приймають атмосферний тиск. Сума атмосферного і надлишкового тисків являє собою **абсолютний тиск**, тобто

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{надл}}$$

Якщо абсолютний тиск менше атмосферного, то їхня різниця називається розрідженням або вакуумом:

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}}$$

3 ПРИНЦИПИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Засоби виміру, призначені для виміру тиску і розрідження, називаються **манометрами**. Залежно від виду і величини тиску, що вимірюється, прилади для виміру тиску умовно поділяють на:

- вакуумметри- для виміру глибокого розрідження;
- напоромери- для виміру надлишкового тиску до 0,04 МПа;
- тягоміри – для виміру розрідження до 0,04 МПа;
- тягонапороміри – для виміру надлишкового тиску до 0,02 МПа і розрідження до 0,02 МПа;
- диференціальні манометри (дифманометри)- для виміру різниці (перепаду) тисків.

Принцип дії вимірювальних приладів базується на спроможності речовини (твердої, рідкої, газоподібної) опиратися прикладеному силовому впливу. Залежно від принципу, використовуваного для перетворення силового впливу на чутливий елемент на показання або пропорційні зміни іншої фізичної величини, прилади виміру тиску розділяються на: рідинні; деформаційні; вантажопоршневі; електричні; іонізаційні; теплові.

Рідинні манометри.

У основу роботи приладів покладений принцип сполучених посудин, у яких рівні робочої рідини збігаються за рівності тисків над ними, а за нерівності займають таке положення, коли надлишковий тиск в одній з посудин врівноважується гідростатичним тиском надлишкового стовпа рідини в іншому.

Існують такі види РМ: двотрубні, однотрубні, мікроманометри.

Розглянемо роботу двотрубного манометра (рис. 3.1).

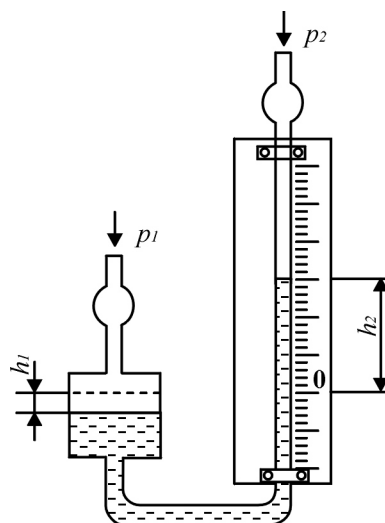
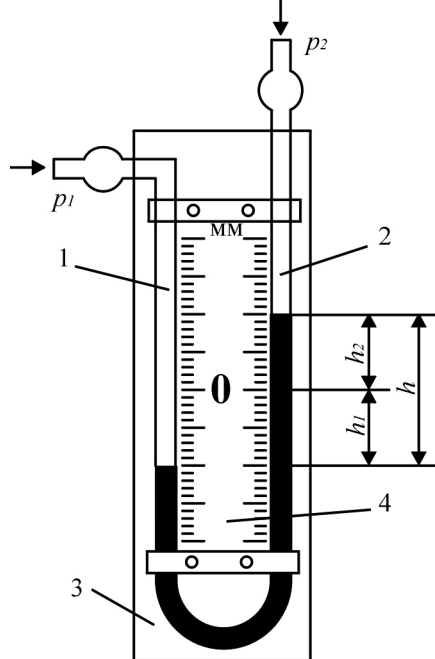


Рис. 3.1 – Схема двотрубного РМ Рис. 3.2 – Однотрубний рідинний манометр

Дві вертикальні сполучені скляні трубки 1, 2 закріплені на основі 3, до якої прикріплена шкальна пластинка 4. Трубки заповнюються робочою рідиною до нульової позначки. У трубку 1 подається тиск, що вимірюється, трубка 2 сполучається з атмосферою.

$$p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot h,$$

де ρ - щільність робочої рідини $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

g - місцеве прискорення вільного падіння $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Як робоча рідина використовуються вода, ртуть, спирт, трансформаторне мастило. Таким чином, чутливим елементом є робоча рідина, вхідним сигналом – тиск або різниця тисків, вихідним – різниця рівнів робочої рідини.

Манометри з водяним заповненням використовують для виміру тисків у діапазоні до 10 кПа, ртутні до 0,1 МПа.

Однотрубні (чашкові) манометри використовують для підвищення точності відліку різниці висот рівнів. У них одна трубка замінена широкою судиною, у яку подається більший з тисків, що вимірюються.

За умови, що площа поперечного перетину вимірювальної трубки f менше площі поперечного перетину широкої судини F більш ніж у 400 разів, то зміною рівня в широкій судині нехтують і для виміру тиску використовують показання рівня у вимірювальній трубці h_2 . Для підвищення точності вимірів зміна рівня h_1 враховується і шкала градується в одиницях тиску відповідно до рівняння:

$$p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = \rho \cdot g \cdot h_2 \left(1 + \frac{f}{F} \right)$$

Вимір одного стовпа рідини призводить до зниження похибок зчитування, що з урахуванням похибки градування шкали не перевищує ± 1 мм, при ціні ділення 1 мм.

Мінімальний діапазон виміру однотрубних манометрів із водяним заповненням складає 1,6 кПа. Конструктивне виконання РМ залежить від статичного тиску, на який вони розраховані.

Мікроманометри

Використовуються для виміру тиску або різниці тисків до 3 кПа. Вони є різновидом однотрубних манометрів і споряджені спеціальними пристосуваннями для зменшення ціни ділення шкали, або для підвищення точності зчитування висоти рівня за рахунок використання оптичних та інших пристроїв (рис. 3.3).

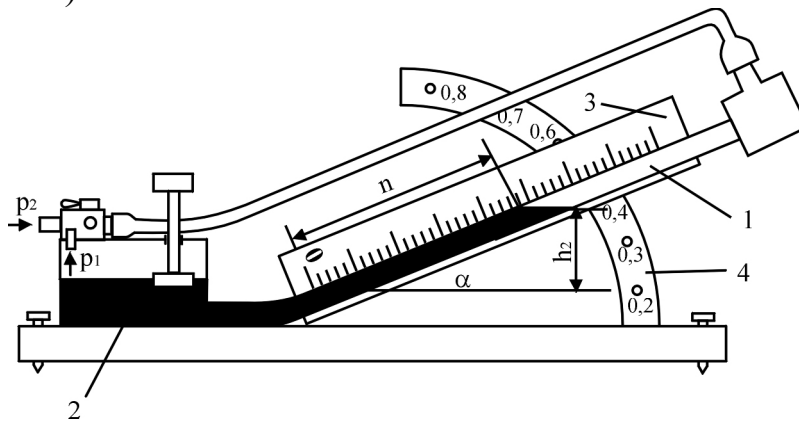


Рис. 3.3 – Схема мікроманометра ММН

РМ використовуються в лабораторній практиці та при проведенні промислових випробувань. Перевагами цих приладів є простота і надійність за високої точності вимірів.

Деформаційні манометри.

Принцип роботи деформаційних приладів ґрунтується на залежності деформації чутливого елемента від тиску, що вимірюється. Деформація або сила пропорційна тиску, що вимірюється, перетворюється на показання або відповідні зміни вихідного сигналу. Більшість деформаційних манометрів і диференційних манометрів містять пружні чутливі елементи, які здійснюють перетворення тиску на пропорційне переміщення робочої точки.

Найбільшого поширення одержали пружні чутливі елементи, такі як трубчасті пружини (рис. 3.4).

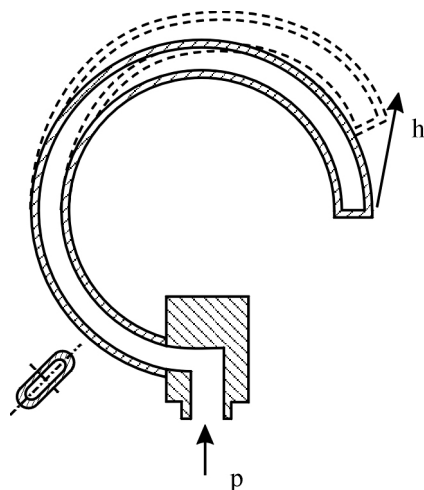


Рис. 3.4 Пружний чутливий елемент – трубчаста пружина.

Статичній (пружній) характеристиці чутливого елемента, що зв'язує переміщення робочої точки з тиском, властива наявність початкової зони пропорційних переміщень робочої точки, у якій мають місце пружні деформації, і нелінійної ділянки, у якій виникають пластичні деформації. Недосконалість пружних властивостей матеріалів чутливих елементів обумовлює наявність гістерезису статичної характеристики і пружна післядія. Останнє виявляється в запізнюванні переміщення робочої точки стосовно прикладеного тиску і повільному поверненні її в початкове положення після зняття тиску.

Форма і крутизна статичної характеристики залежать від конструкції чутливого елемента, матеріалу, температури. Робочий діапазон обирається в області пружних деформацій із забезпеченням запасу на випадок перевантаження чутливого елемента тиском. Пружні властивості чутливих елементів характеризуються коефіцієнтом жорсткості по силі:

$$k_F = \frac{F}{h} = \frac{p \cdot S}{h},$$

де F , S – відповідно сила, що діє на пружний чутливий елемент (перестановочне зусилля), і ефективна площа елемента; h – переміщення робочої точки.

Порожнисті одновиткові трубчасті пружини (рис. 2.35) мають еліптичний або плоскоовальний перетин. Один кінець пружини, у який надходить тиск, що вимірюється, закріплений нерухомо у тримачі, другий (закритий) може переміщатися. Під дією різниці внутрішнього тиску, що вимірюється, і зовнішнього атмосферного трубчаста пружина деформується: мала вісь перетину трубки збільшується, велика зменшується, при цьому пружина розкручується і її вільний кінець здійснює переміщення в 1-3 мм. Для тисків до 5 МПа трубчасті пружини виготовляють із латуні, бронзи, а для більш високих тисків – з легованих сталей і сплавів нікелю.

Трубчато-пружинні манометри.

Схема трубчато-пружинного манометра, що показує, подана на рис. 3.5. Одновиткова трубчаста пружина 1 з одного кінця приварена до тримача 2, прикріпленого до корпусу манометра. Нижня частина тримача закінчується шести-

гранною головкою і штуцером, за допомогою якого до манометра приєднується трубка, що підводить тиск. Вільний кінець пружини припаяно до пробки 3, що шарнірно з'єднується з повідком 4. При переміщенні вільного кінця пружини поводок повертає зубцюватий сектор 5 відносно осі О, викликаючи поворот шестерні (трибки) 6 і розташованої на одній осі з нею стрілки, що показує 7. Пружина, не показана на рисунку, забезпечує підгортання зубців трибки до зубців сектора, усуваючи люфт. Статична характеристика манометра може підбудовуватися шляхом зміни точки закріплення повідця 4 у прорізі сектора 5. На рис. 2.36 показане радіальне розміщення штуцера; випускаються також манометри з осьовим розміщенням штуцера.

Трубчато-пружинні манометри, що показують, випускаються з верхньою межею виміру від 0,1 МПа (1 кгс/см²) до 103 МПа (104 кгс/см²) відповідно до стандартного ряду. Пружинні вакуумметри мають діапазон виміру 0,1-0 МПа, а мановакуумметри за нижньої межі виміру 0,1 МПа мають верхню межу виміру за надлишкового тиску від 0,1 до 2,4 МПа. Зразкові пружинні манометри, що показують, мають клас точності 0,15; 0,25 і 0,4; робочі манометри – 1,5; 2,5; 4, робочі манометри підвищеної точності – 0,6 і 1.

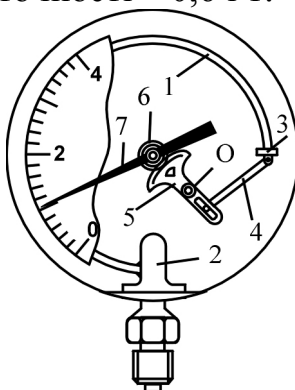


Рис. 3.5 – Трубчато-пружинний манометр, що показує

Мембрани, сільфони.

Сильфонні та мембранні чутливі елементи мають більш широкі можливості для збільшення ефективної площі, з метою одержання необхідного перестановочного зусилля, що дозволяє використовувати їх для виміру малих надлишкових тисків і розрідження. Сильфон (рис. 3.6) являє собою тонкостінну трубку з поперечними кільцевими гофрами на бічній стінці. Жорсткість сильфона залежить від матеріалу, з якого він виготовлений, зовнішнього й внутрішнього діаметрів, товщини стінки заготовки, радіуса заокруглення гофр r і кута їх ущільнення α , числа гофр. Сильфони бувають суцільнотягнутими і зварними.

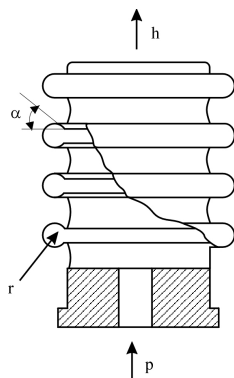


Рис. 3.6 – Принципова схема сільфона

Під дією тиску газу сільфон (рис. 3.7, а) розтягується, переміщуючи, наприклад, движок потенціометра. У результаті змінюється вихідний опір датчика.

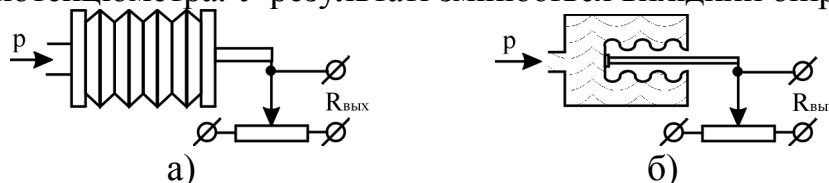


Рис. 3.7 – Датчики тиску: а – сільфонний для газів; б – сільфонний для рідин

При вимірі тиску рідин застосовується інша конструктивна схема сільфонного датчика (рис. 3.7, б). Рідина під тиском p надходить у порожнину сільфона, який, зіщулюючись, переміщає движок потенціометра.

У даному сільфоні сила тиску рідини ($S_c p$) врівноважується сумарною силою: силою пружкості сільфона ($k_c l$), силою тертя $\left(D \frac{dl}{dt} \right)$ та інерційною силою $\left(m \frac{d^2 l}{dt^2} \right)$. Прирівнюючи сили, отримаємо диференціальне рівняння:

$$m \frac{d^2 l}{dt^2} + D \frac{dl}{dt} + k_c l = S_c p,$$

де m – маса рідини в сільфоні; l – переміщення рухливого краю сільфона (двигка потенціометра); D – коефіцієнт грузлого тертя; k_c – коефіцієнт пружкості сільфона; S_c – площа сільфона.

З попереднього рівняння можна отримати

$$\frac{m}{k_c} \frac{d^2 l}{dt^2} + \frac{D}{k_c} \frac{dl}{dt} + l = \frac{S_c}{k_c} p$$

або після введення позначень

$$\frac{1}{\omega_0^2} \frac{d^2 l}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \frac{dl}{dt} + l = K p,$$

$$\text{де } \frac{1}{\omega_0} = \sqrt{\frac{m}{k_c}}, \quad \xi = \frac{D}{2\sqrt{k_c m}}, \quad K = \frac{S_c}{k_c}.$$

Мембрана, що являє собою тонку пластину, закріплюється на кінці трубопроводу (рис. 3.7). Під дією тиску рідини або газу жорсткий центр мембрани прогинається, переміщуючи движок вторинного вимірюючого приладу, наприклад, потенціометра. Через це змінюється вихідний опір датчика.

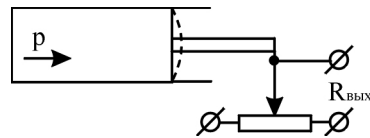
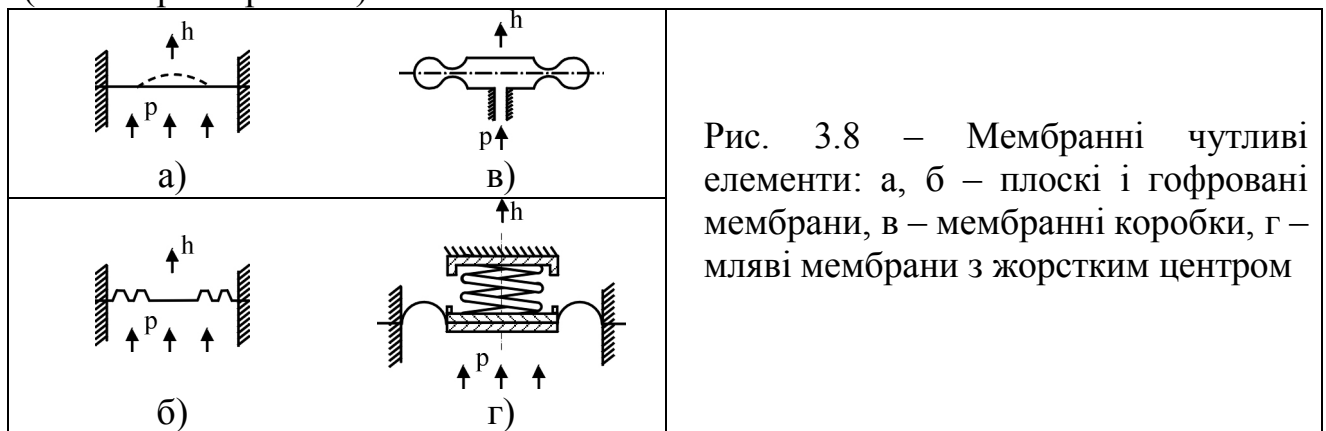


Рис. 3.7 – Мембранний датчик тиску

Мембранні чутливі елементи є найрізноманітнішими за конструкцією.

Подана на рис. 3.8, а, б плоска або пластинчаста мембрана є гнучкою тонкою пластиною, закріпленою по окружності. Під дією різниці тисків, що діють по обидва боки на мембрану, її центр переміщається. Плоска мембрана має нелінійну пружну характеристику і малі переміщення робочої точки, у зв'язку з чим її в основному застосовують для перетворення тиску в силу (п'єзоелектричні перетворювачі) або поверхневі деформації (тензоперетворювачі).



Для поліпшення статичної характеристики використовують гофровані мембрани і мембранні коробки (рис. 3.8 в, г). Профілі мембран можуть бути пилкоподібними, трапецеподібними, синусоїдальними. Гофрування мембрани призводить до збільшення її жорсткості, випрямлення статичної характеристики і збільшення зони пропорційних переміщень робочої точки. Більш широко використовуються мембранні коробки, що являють собою зварні або спаяні по зовнішньому краю мембрани. Жорсткість коробки вдвічі нижче жорсткості кожної з мембран. У дифманометрах як чутливі елементи регуляторів прямої дії використовуються мембранні блоки, що включають дві коробки і більше.

У напорометрах і тягометрах застосовуються мляві мембрани (рис. 2.45, г), виготовлені з бензوماстилоустійкої прогумованої тканини. У центрі мембрани кріпляться металеві пластини, в одну з яких упирається гвинтова пружина, що виконує функції пружного елемента.

Пружні властивості матеріалів чутливих елементів залежать від температури: так, у трубчастих пружин температурний коефіцієнт зниження жорсткості за зростання температури сягає $3 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$. Це визначає необхідність захисту приладів від впливу високих температур середовища, що вимірюється. З часом у пружних чутливих елементах накопичуються пластичні деформації та зменшуються пружні. Це призводить до зниження крутизни статичної характеристики приладу та її зсуву. Процес зміни статичної характеристики

пришвидшується при підвищеній температурі та пульсації тиску, що вимірюється. Конструкція деформаційних манометрів і дифманометрів звичайно передбачає можливість корекції відхилень показань або вихідного сигналу, викликаних старінням пружного чутливого елемента.

Вантажопоршневі манометри.

У вантажопоршневих манометрах тиск, що вимірюється, врівноважується силою ваги неуцільненого поршня з вантажами. Манометри використовуються як зразкові засоби відтворення одиниці тиску в діапазоні від 10^{-1} до 10^{13} Па, а також для точних вимірів тиску в лабораторній практиці.

Схема поршневого манометра, що має діапазон виміру 6 МПа (МП-60), подана на рис. 3.9. Поршень 1 із тарілкою 2 для вантажів 3 переміщується всередині циліндра 4. Поршнева пара підганяється таким чином, щоб зазор між поршнем 1 і циліндром 4 не перевищував 0,01 мм. При такому зазорі навіть за високих тисків швидкість опускання поршня через вплив робочої рідини не перевищує 1 мм/хв. Для забезпечення рівномірного зазору між циліндром і поршнем останній у момент виміру обертають за годинниковою стрілкою. У манометрах із діапазоном виміру 0,6 МПа та вище обертання поршня здійснюється вручну.

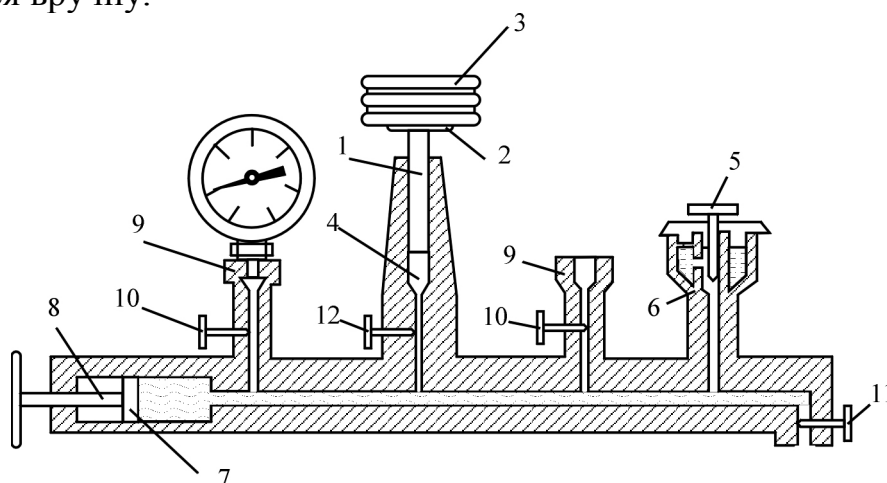


Рис. 3.9 – Схема вантажопоршневого манометра.

П'єзоелектричні манометри.

Принцип дії манометрів цього типу базується на п'єзоелектричному ефекті, сутність якого полягає у виникненні електричних зарядів на поверхні стиснутої кварцової пластини, що вирізається перпендикулярно до електричної осі кристалів кварцу. Схема п'єзоелектричного манометра подана на рис. 3.10. Тиск, що вимірюється, за допомогою мембрани 1 перетворюється в зусилля, що стискує кварцові пластини 2. Електричний заряд, що виникає на металізованих площинах 3 під дією зусилля F із боку мембрани 1, визначається виразом:

$$Q = k \cdot F = k \cdot S \cdot p,$$

де p – тиск, що діє на металеву мембрану 1 з ефективною площею S ; k – п'єзоелектрична постійна, Кл/Н.

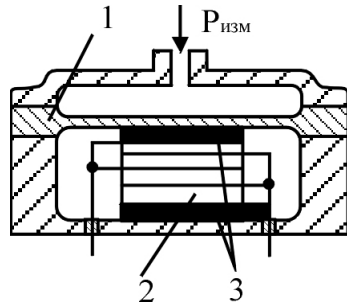


Рис. 3.10 – Схема п'єзоелектричного манометра

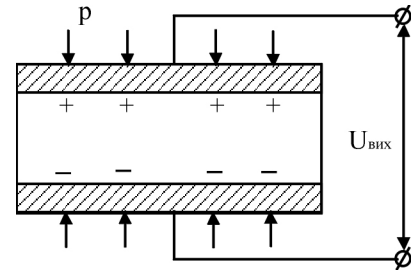


Рис. 3.11 – П'єзоелектричний датчик

Напруга на вході підсилювача, підключеного до виходу п'єзоперетворювача, визначається загальною ємністю вимірювального ланцюга C :

$$u = \frac{Q}{C}.$$

П'єзоелектричний датчик являє собою кварцову пластину, на протилежні поверхні якої напилені (або приклеєні струмопровідним клеєм) електроди, до яких припаюються виводи (рис. 3.10). При стиску кварцової пластини силою P на її протилежних поверхнях, а отже, і на електродах, через прямий п'єзоелектричний ефект виникають електричні заряди. Розмір заряду пропорційний стискальній силі P , тобто

$$Q = dP,$$

де d – коефіцієнт пропорційності, який називають п'єзomodулем.

За сили P , що змінюється, з'являється вихідна напруга:

$$U_{вих} = \frac{Q}{C_d + C_m} = \frac{d}{C_d + C_m} P,$$

де C_d – ємність датчика (конденсатора, утвореного електродами і кварцовим діелектриком); C_m – ємність монтажу.

З цієї формули очевидно, що, знаючи вихідну напругу, можна визначити силу P . Якщо P постійна, то $U_{вих} = 0$. П'єзоелектричні датчики безінерційні. Вони використовуються для виміру сил, тисків, вібрацій і для інших вимірів, у яких прямо або побічно виявляються силові впливи. Вихідна напруга п'єзоелектричних датчиків від одиниць мілівольт до одиниць вольт. Для посилення вихідної напруги п'єзоелектричного датчика потрібно застосовувати підсилювач із дуже великим входним опором.

Кварц на відміну від інших сегнетоелектриків, що мають п'єзоэффект, є механічно міцним і має високу жорсткість, що виключає вплив пружної характеристики мембрани l на коефіцієнт передачі п'єзоелектричного перетворювача. Частота власних коливань перетворювача сягає десятків кілогерц, унаслідок чого вони широко застосовуються при випробуваннях двигунів та на інших технологічних об'єктах, що характеризуються високочастотними змінами тиску.

П'єзоелектрична постійна кварцу, що складає біля $2 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н, відрізняється стабільністю і слабкою залежністю від температури, що дозволяє

використовувати п'єзоперетворювачі для виміру тиску високотемпературних середовищ. Через вплив заряду п'єзоелектричні перетворювачі не використовуються для виміру статичних тисків. З метою підвищення чутливості декілька кварцових пластин включаються паралельно. Верхня межа виміру тиску в цих приладах сягає 100 МПа (1000 кгс/см²).

Манометри з тензоперетворювачами.

Манометри з тензорезистивними перетворювачами за швидкодією наближаються до п'єзоелектричних манометрів. Перші являють собою мембрани, на яких розміщені дрові, фольгові або напівпровідникові резистори, опір яких змінюється при деформації мембрани під дією тиску.

Дія вимірювальних тензоперетворювачів заснована на зміні електричного опору чутливого елемента (наприклад, стрічки з тензочутливого матеріалу) при його деформації. Звичайно вони використовуються як перетворювачі, що передають, для виміру деформацій елементів конструкцій або чутливих елементів первинних приладів. Так, тензоперетворювачі можуть бути використані для дистанційного виміру тиску, якщо їх механічно з'єднати з манометрами, що деформуються під дією тиску.

Основними вимогами до тензочутливих матеріалів є стабільність характеристик, малий температурний коефіцієнт електричного опору, висока чутливість. Дуже часто як матеріали використовуються константан, сплави міді і нікелю, нікелю і хрому і т.д.

Поряд із металевими тензоперетворювачами застосовуються і напівпровідникові. Останні мають більш високу тензочутливість в порівнянні з металевими, малі розміри і масу.

За будовою металеві тензоперетворювачі підрозділяються на ті, що наклеюються, і ті, що не наклеюються. Найбільш поширеними є тензорезистори, що наклеюються, які виконуються з зигзагоподібно покладеного і приклеєного на підкладку 1 (із паперу або пластмаси) дроту 2 діаметром 0,01-0,05 мм (рис. 3.12). До кінців дроту приварені вивідні провідники 3 діаметром 0,5 мм. Фольговий тензоперетворювач виготовляється з металевої фольги товщиною 0,001-0,01 мм.

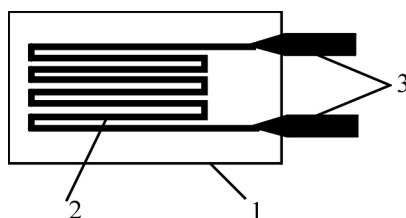


Рис. 3.12 – Металевий тензоперетворювач

Тензоперетворювач наклеюється на елемент, що деформується, за деформації якого змінюються розміри й електричний опір дроту, причому ця зміна залежить від ступеня деформації. Зміна опору звичайно вимірюється за допомогою мостової схеми. Відносна зміна опору тензоперетворювачів невелика (наприклад, для металевих вона не перевищує 1%), тому температурний коефіцієнт матеріалу дроту повинен бути близьким до нуля. Крім того, для зменшення впливу температури застосовуються спеціальні схеми термокомпенсації.

Промислові тензорезистивні перетворювачі призначені для перетворення тиску до 100 МПа, розрідження і різниці тисків до 16 МПа в пропорційне значення вихідного сигналу постійного струму.

Іонізаційні манометри.

Для виміру тиску в діапазоні $10^{-1} - 10^{-8}$ Па використовуються іонізаційні манометри. Схема приладу надана на рис. 2.50. Основним елементом манометра є скляна манометрична лампа, що містить катод 1, що знаходиться всередині анодної сітки 2, оточеної циліндричним іонним колектором 3. Електрони, які ежектуються розпеченим катодом, прискорюються позитивною напругою, прикладеною між анодом і катодом. При русі електрони іонізують молекули розрідженого газу. Позитивні іони потрапляють на негативно заряджений колектор 3. За сталості анодної напруги й електронної емісії розмір колекторного струму I_k залежить від тиску, що вимірюється.

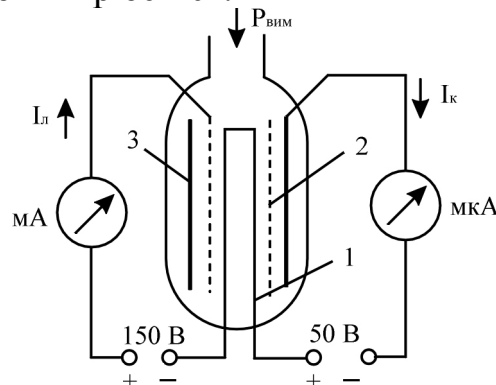


Рис. 3.13 – Схема іонізаційного манометра

Нижня межа виміру іонізаційних манометрів обмежена фоновим струмом, викликаним м'яким рентгенівським випромінюванням анода та фотоелектронною емісією колектора.

В магнітних електророзрядних манометрах із холодним катодом для зниження нижньої межі виміру до 10^{-10} Па траєкторія прямування електронів у лампі формується за рахунок використання зовнішнього магнітного поля, при цьому подовжується пробіг електронів, зростає число їх співударів із молекулами газу.

Теплові манометри.

Для виміру тиску в діапазоні $1-10^4$ Па ($10^{-2}-10^2$ мм рт. ст.) використовуються теплові манометри, які, як і іонізаційні, містять у собі манометричний перетворювач і вимірювальний блок. Принципова вимірювальна схема теплового манометра наведена на рис. 3.14. Вона являє собою неврівноважений міст, на який напруга подається від стабілізованого джерела живлення ДЖ. Три плеча моста містять постійні резистори $R_1 - R_3$, а четверте являє собою нагріту до $200\text{ }^\circ\text{C}$ вольфрамову нитку, яка знаходиться в камері, куди подається тиск, що вимірюється. За зазначених тисків унаслідок зниження числа молекул довжина їх вільного пробігу стає сумірною з відстанями між теплопередаючими поверхнями вимірювальних камер приладу, у зв'язку з чим теплопровідність за тисків 10^3 Па (10 мм рт. ст.) і нижче лінійно зменшується за мірою зниження тиску.

Тепловіддача від вольфрамової нитки залежить як від числа молекул, що беруть участь у переносі тепла, так і від температури стінок камери. Для зниження впливу на показання приладу коливань температури навколишнього середовища, що визначає температуру стінок камери, плече моста, що притискується до R_4 , поміщається до вакуумованої камери, аналогічної вимірювальній.

Нижня межа застосування манометрів обмежується зростанням за мірою зниження теплопровідності ролі променистого теплообміну, що стає визначальним за тисків нижче 10^{-1} Па (10^{-3} мм рт. ст.).

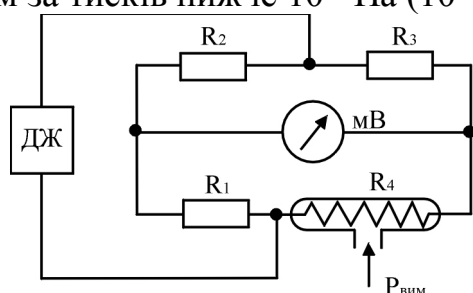


Рис. 3.14 – Схема теплового манометра

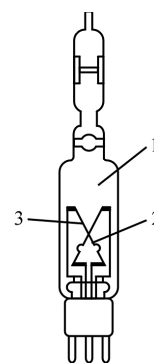


Рис. 3.15 – Термопарний манометричний перетворювач

Для виміру температури нитки можуть використовуватися термопари, у цьому випадку теплові манометри називають термопарними. Схема манометричного перетворювача (лампи) вакуумметра типу ВТ-2 подана на рис. 3.15. У середині скляного балона 1, який вакуумно щільно під'єднують верхньою частиною до об'єкта виміру тиску, знаходиться платиновий нагрівач 2, температура якого вимірюється хромель-копелевою термопарою 3.

Теплові манометри можуть працювати в режимі підтримки постійного струму через нагрівач, тоді тиск, що вимірюється, пропорційний різниці між температурами нагрівача і стінок лампи. При роботі в режимі підтримки постійної різниці температур за рахунок зміни струму розмір останнього характеризує тиск, що вимірюється.

4 ПРИЛАДИ ВИМІРУ РІВНЯ

Для ведення технологічних процесів велике значення має контроль за рівнем рідин і твердих сипучих матеріалів у виробничих апаратах. Крім того, знаючи площу будь-якої ємності, по величині рівня можна визначити кількість речовини в ній. Для виміру рівня рідини застосовують: поплавкові; буйкові; гідростатичні; ультразвукові; акустичні прилади, а для виміру рівня рідини і твердих сипучих матеріалів: ємнісні; радіоізотопні.

Поплавкові рівнеміри

У **поплавкових рівнемірах** є поплавець, що плаває на поверхні рідини, у результаті чого вимірюваний рівень перетворюється в переміщення поплавця. У таких приладах використовується легкий поплавець, виготовлений з корозійностійкого матеріалу. Пристрій приладу, що показує, з'єднано з поплавцем чи тросом за допомогою важелів.

Поплавковими рівнемірами можна вимірювати рівень рідини у відкритих емностях.

Буйкові рівнеміри

В **буйкових рівнемірах** застосовується нерухомий занурений у рідину буй. Принцип дії буйкових рівнемірів заснований на тім, що на занурений буй діє з боку рідини сила, що виштовхує, P . За законом Архімеда ця сила дорівнює вазі рідини, витиснутої буєм. Але кількість цієї рідини залежить від глибини занурення буя, тобто від рівня в емності H . Таким чином, у буйкових рівнемірах вимірюваний рівень H перетворюється в пропорційну йому силу, що виштовхує. Тому залежність сили, що виштовхує, від рівня лінійна.

Принцип дії буйкових рівнемірів дозволяє в широких межах змінювати їхній діапазон виміру. Це досягається як заміною буя, так і зміною передатного відношення підйомового механізму проміжного перетворювача. Рівнеміри можуть вимірювати рівень у межах від 0-40 мм до 0 - 16 м.

Гідростатичний засіб

Гідростатичний засіб виміру рівня заснований на тім, що в рідині існує гідростатичний тиск, пропорційний глибині, тобто відстані від поверхні рідини. Тому для виміру гідростатичним способом можуть бути використані прилади для виміру тиску чи перепаду тисків. Як такі прилади звичайно застосовують дифманометри.

Ємнісні рівнеміри

Робота **ємнісних рівнемірів** заснована на залежності електричної ємності конденсаторного перетворювача, утвореного одним чи декількома стрижнями, чи циліндрами пластинами, введеними в рідину від рівня рідини

Радіоізотопні рівнеміри

Радіоізотопні рівнеміри застосовують для виміру рівня рідин і сипучих матеріалів у закритих емностях. Їхня дія заснована на поглинанні γ -променів при проходженні через шар речовини.

Ультразвукові, акустичні рівнеміри

Робота **ультразвукових і акустичних** рівнемірів заснована, на вимірі часу проходження імпульсу ультразвуку від випромінювача до поверхні рідини і назад. При прийомі відбитого імпульсу випромінювач стає приймачем.

5 ПРИНЦИПИ ВИМІРУ ВИТРАТ

В технологічних процесах приходиться контролювати не тільки температуру, тиск, рівень алей витрати речовини.

Витрата є кількість речовини, що протікає через перетин трубопроводу в одиницю часу.

Кількість речовини можна вимірювати або в одиницях маси (кілограм (кг), тонна (т)), або в одиниці об'єму (кубічний метр (м³), літр (л)). Відповідно до обраних одиниць може вироблятися вимір або масова витрата Q_m (одиниці кг/з, кг/год, т/год і т.д.), або об'ємної витрати Q_o (одиниці м³/з, л/с, м³/ч и т. д.).

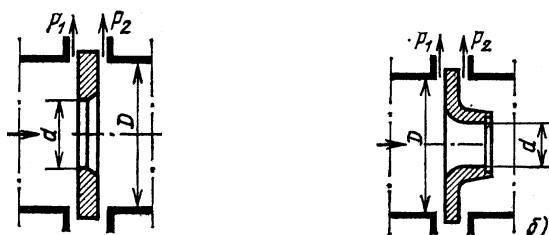
Вимірювальний прилад, що служить для виміру витрати речовини, називається **витратоміром**, а прилад для виміру кількості речовиною-лічильником *кількості* (лічильником). У кожному конкретному випадку до цих термінів варто додавати найменування контролюваного середовища.

Існує велика розмаїтість методів виміру витрати і конструктивних різновидів витратомірів і лічильників.

Найбільше поширення одержали наступні різновиди витратомірів:

- 1) перемінного перепаду тиску із звужуючими пристроями (відносяться до загальної групи витратомірів перемінного перепаду);
- 2) постійного перепаду, тиску (відносяться до загальної групи витратомірів обтікання);
- 3) тахометричні;
- 4) електромагнітні;
- 5) ультразвукові.

У якості звужуючих пристроїв для виміру витрати рідин, газів і пари використовуються діафрагми, сопла і значно рідше сопла Вентурі. Метод виміру витрати по перепаду тиску в звужуючому пристрої заснований на залежності перепаду тиску в нерухомому пристрої, встановлюваному в трубопроводі, від витрати вимірюваного середовища. Створюваний у звужуючому пристрої перепад тиску вимірюється дифманометром, шкала якого градується в одиницях витрати.



Розглянутий принцип виміру полягає в тому, що при протіканні потоку через отвір звужуючому пристрою підвищується швидкість потоку в порівнянні зі швидкістю до звуження. Збільшення швидкості, а отже, і кінетичної енергії викликає зменшення потенційної енергії і відповідно статичного тиску. Витрата може бути визначений по перепаду тиску Δp

Співвідношення між витратою і перепадом тиску на діафрагмі для нестисливих рідин має наступні вираження:

$$Q_V = \alpha \cdot F_0 \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\gamma} \cdot (p_1 - p_2)} \quad Q_m = \alpha \cdot F_0 \sqrt{2 \cdot g \cdot \gamma \cdot (p_1 - p_2)}$$

де Q_V - об'ємна витрата, м³ з⁻¹; Q_m - масова витрата, Н с⁻¹; F_0 - переріз отвору діафрагми;

γ – питома вага рідини; α – коефіцієнт витрат (знаходиться експериментально).

Використання розглянутого методу виміру вимагає виконання визначених умов: характер руху потоку до і після звужуючого пристрою повинний бути турбулентним і стаціонарним; потік повинний цілком заповнювати весь перетин трубопроводу; фазовий стан потоку не повинний змінюватися при його плинні через звужуючий пристрій; у внутрішній порожнині трубопроводу до і після звужуючого пристрою не утворюються відкладення й інші види забруднень; на поверхнях звужуючого пристрою не утворюються відкладення, що змінюють його геометрію; пар є перегрітим, при цьому для його справедливості всі положення, що стосуються виміру витрати газу.

В якості витратомірів постійного перепаду тиску використовуються **ротаметри**. Вони застосовуються для виміру невеликих об'ємних витрат рідини та газу. Принцип дії ротаметру засновано на зрівноваженні при будь-яких витратах сили тяжіння поплавка, силами, що діють на нього з боку рідини. При цьому вертикальне положення поплавка буде пов'язано з витратою.

Тахометричні витратоміри

Тахометричними називають витратоміри, в яких швидкість руху робочого тіла пропорційна об'ємній витраті вимірюваного середовища. В більшості випадків робоче тіло – перетворювач витрат (турбінка, кулька) під впливом потоку обертається.

Електромагнітні витратоміри

Принцип дії **електромагнітних** витратомірів засновано на законі електромагнітної індукції, в відповідності з яким в електропровідній рідині, яка перетинає магнітне поле, індукціюється ЕРС, пропорційна швидкості руху рідини.

Ультразвукові витратоміри

Ультразвуковий метод вимірювання витрат базується на залежності швидкості ультразвуку відносно труби від швидкості потоку.

ВИСНОВКИ

1. На лекції розглянуті актуальність та необхідність вивчення дисципліни.
2. Наведені принципи та методи вимірювання тиску, рівня, витрат.
3. Приведені приклади технологічного обладнання для виміру тиску, рівня, витрат.

Завдання на самопідготовку

1. **Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. С. 136...183.**
2. **Конспект.**