

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Новомосковський коледж

Національної металургійної академії України

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**  
**з дисципліни «Основи автоматизації виробництва»**  
**«Контрольно-вимірювальні прилади з основами**  
**метрології»**

Для студентів спеціальностей:

161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізація: «Виготовлення емальованих виробів»;

133 «Галузеве машинобудування» спеціалізація: «Обслуговування та ремонт обладнання металургійних підприємств»;

136 «Металургія» спеціалізація: «Обробка металів тиском»



Розроблено викладачем I категорії  
\_\_\_\_\_ О.С. Гарус

Розглянуто та ухвалено на засіданні  
циклової комісії металургійних дисциплін  
Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_  
Голова комісії \_\_\_\_\_ О.П. Кулик

Розглянуто та ухвалено на засіданні  
циклової комісії механічних дисциплін  
Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_  
Голова комісії \_\_\_\_\_ В.О. Таран

Розглянуто та ухвалено на засіданні  
циклової комісії хіміко-технологічних дисциплін  
Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_  
Голова комісії \_\_\_\_\_ Т.М. Чернишова

Новомосковськ, 2019

Навчальний посібник «Технологічні параметри. Контрольно-вимірювальні прилади». Для студентів 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізація: «Виготовлення емальованих виробів»;

133 «Галузеве машинобудування» спеціалізація: «Обслуговування та ремонт обладнання металургійних підприємств»;

136 «Металургія» спеціалізація: «Обробка металів тиском». Укл. О.С. Гарус м.Новомосковськ, 2019 р. – 33 с.

Укладач: О.С. Гарус., викладач I категорії

Рецензенти: О.П. Кулик, голова циклової комісії металургійних дисциплін

В.О. Таран, голова циклової комісії механічних дисциплін

Т.М. Чернишова, голова циклової комісії

## Передмова

Контрольно-вимірювальні прилади займають значну частину в промислових системах, а саме на металургійному та машинобудівному виробництві або в господарських системах, опалення та водопостачання, будівництві або комунальному господарстві, з метою вимірювання показників роботи, контролю, аналізу будь-якого цільового обладнання.

За допомогою контрольно-вимірювальних приладів також можливий контроль одного або декількох обладнань одночасно, що часто використовується в промислових і комунальних сферах діяльності. На спеціалізованому ринку збуту можна побачити широкий вибір приладів вимірювання які мають своє цільове призначення і спосіб надання інформації.

Так склалося, що кінець XX століття ознаменувався стрімким розвитком електронної техніки, розробкою та впровадженням новітніх контрольно – вимірювальних приладів, оновленням засобів вимірювання, застосовуваних в металургійному виробництві. З'явилися прилади, що використовують нові принципи виміру технологічних параметрів. Інформація про нові розробки не завжди вчасно доходить до учбових закладів.

Спираючись на той факт, що існуюча навчальна література застаріла і інформація відстає від новітніх вимог промисловості, тому в посібник «Контрольно-вимірювальні прилади» включено найбільш оновлені та доступні матеріали про різні засоби видів вимірювань.

## Зміст

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Передмова .....                                                | 3  |
| Зміст .....                                                    | 4  |
| Вступ .....                                                    | 5  |
| Технологічні параметри. Контрольно – вимірювальні прилади..... | 6  |
| 1    Основні метрологічні поняття.....                         | 6  |
| 2    Контрольно-вимірювальні прилади.....                      | 7  |
| 2.1.    Вимоги до контрольно-вимірювальних приладів.....       | 8  |
| 2.2    Прилади для вимірювання тиску.....                      | 10 |
| 3    Прилади для вимірювання витрат рідин і газів.....         | 16 |
| 3.1    Об'ємні методи вимірювання витрат.....                  | 17 |
| 3.2    Роторні, турбінні лічильники.....                       | 18 |
| 4    Вимірювання і контроль рівня.....                         | 21 |
| 4.1    Вимірювання рівня.....                                  | 21 |
| 4.2    Прилади для вимірювання рівня.....                      | 22 |
| 5    Вимірювання вологості.....                                | 24 |
| 5.1    Прилади для вимірювання вологості.....                  | 25 |
| 6    Вимірювання температури.....                              | 26 |
| 6.1    Прилади для вимірювання температури.....                | 26 |
| 6.2    Конструкція приладів для вимірювання температури .....  | 27 |
| Література .....                                               | 32 |

## Вступ

Розвиток науки і техніки тісно пов'язаний із застосуванням контрольно – вимірювальних приладів і автоматики в цілому. Вимірювання, як процес, є одним із способів пізнання природи, допомагають здійснювати наукові відкриття і упроваджувати їх у виробництво і техніку. Вимірювання представляють величезне значення і як єдиний засіб контролю технологічних процесів в системах металургії в цілому. Правильно організовані вимірювання забезпечують надійність, економічність і зручність ведення виробничих процесів, а також дають можливість їх широкої автоматизації.

На сьогоднішній день народне господарство країни забезпечене величезним арсеналом засобів вимірювання як вітчизняного, так і іноземного виробництва від простих первинних перетворювачів і приладів до складних систем автоматики. Без застосування контрольно – вимірювальних приладів і засобів автоматики в даний час неможливо здійснювати безпечне і безаварійне ведення виробничих процесів і роботи різних установок.

Науково – технічний прогрес і поява нових технологій ставлять нові завдання перед розвитком техніки вимірювань і автоматики. Це вимагає подальшого вдосконалення методів і засобів вимірювання, підвищення їх якості, надійності.

## Технологічні параметри. Контрольно – вимірювальні прилади

### 1. Основні метрологічні поняття.

**Контроль** – порівняння дійсного значення параметра з заданими значеннями.

Йому завжди передує вимірювання фізичних величин, що характеризують протікання процесу.

**Параметр** – величина, що характеризує умови технологічного процесу.

Металургійний процес, характеризується значеннями фізичних величин: температура, тиск, витрата, кількість, хімічний склад, концентрація, рівень сипких або рідкого металу.

**Вимірювання** – знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Кінцевою метою будь-якого вимірювання є отримання кількісної інформації про вимірювані величини.

**Вимірювальна інформація** - відомості про значення вимірюваних фізичних величин.

**Засіб вимірювань** – технічний пристрій, що використовується при вимірах і має нормовані метрологічні властивості.

**Вхідний сигнал** - сигнал вимірювальної інформації, що надходить на вхід засобу вимірювання, а отриманий на виході – називається вихідним сигналом засобу вимірювання.

*Існує 3 види засобів вимірювань :*

- Міра
- Вимірювальний перетворювач
- Вимірювальний прилад

**Міра** – засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру.

**Вимірювальний перетворювач** – засіб вимірювального призначення для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, перетворення, обробки і зберігання.

**Вимірювальний прилад** – засіб вимірювання, за допомогою якого вимірювальна інформація видається у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Для кожного приладу встановлено діапазон вимірювань, крім того, прилади мають клас точності.

Метро – міряти;

Метрологія – наука про вимірювання

Час – сек Температура - °(Кельвіна) Сила струму - А Кількість теплоти, Дж

Маса – кг Довжина – м Тиск-Па Сила – Н

Будь-які технічні вимірювання відносні, оскільки завжди існує позитивна або від'ємна різниця між спостережуваними або числовими значеннями вимірюваної величини і її дійсним значенням, називається похибкою.

**Похибка** – відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

***Розрізняють абсолютну і відносну похибки вимірювання.***

**Абсолютна похибка** - це різниця між виміряним  $X$  та дійсним  $X_d$  значеннями вимірюваної величини.

Абсолютна похибка виражається в одиницях вимірюваної величини.

Оскільки істинне значення визначити неможливо, то замість нього використовують дійсне значення вимірюваної величини, яке знаходять експериментально за показниками зразкових засобів вимірювання.

Таким чином, абсолютну похибку знаходять за формулою:

$$(1) \Delta = X - X_d$$

**Відносна похибка** - відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного (істинного) значення вимірюваної величини, виражене у відсотках:

$$(2) \delta = \Delta / X_d$$

## **2. Контрольно-вимірювальні прилади**

***Контрольно-вимірювальні прилади*** займають значну частину в промислових або в господарських системах опалення та водопостачання, будівництві або комунальному господарстві, з метою вимірювання показників роботи, контролю, аналізу будь-якого цільового обладнання. За допомогою контрольно-вимірювальних приладів також можливий контроль одного або декількох обладнань одночасно, що часто використовується в промислових і комунальних сферах діяльності. На спеціалізованому ринку збуту можна побачити широкий вибір приладів вимірювання які мають своє цільове призначення і спосіб надання інформації. Часто при виборі елемента вимірювання ми стикаємося з великою кількістю моделей, модифікацій, різновидів і призначень, тому ми спробуємо трохи розібратися що до чого.

**КВП призначені для вимірювання і підтримання на заданому рівні призначених параметрів роботи печі, а саме: температури, тиску, витрати палива.**

*Теплотехнічні прилади ділять на 2 групи:*

- 1) перетворювачі (датчики);
- 2) вторинні прилади.
- 3) датчики

**Датчик призначений** для вимірювання фізичних параметрів печі (тиску, витрат, температури) і перетворення їх в ЕРС або ін. сигнал, який передається на вторинний прилад по проводах або імпульсних трубках.

***Вторинні прилади класифікують:***

1. *за призначенням*

2. *за характером використання*

- а) показуючі;
- б) самописні;
- в) інтегруючі.

- а) робочі;
- б) зразкові (для перевірки робочих приладів).

**Показуючі** – дозволяють вираховувати значення вимірюваної величини в момент вимірювання.

**Самописні** – мають пристрій для запису параметра на діаграмному папері. (Можуть бути і показують).

**Інтегруючі прилади** (лічильники) визначають сумарне значення вимірюваної величини (витрати) за певний проміжок часу.

Для вторинних приладів характерний клас точності, який визначає точність або похибка вимірювання параметра.

Клас точності: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5. (величина похибки в показаннях приладу (в %) від максимального значення шкали)

По виду вимірюваного параметра КВП ділять: на прилади вимірювання 1) тиск; 2) витрати; 3) температуру; 4) рівня рідини і складу газової фази.

## **2.1. Вимоги до контрольно-вимірювальних приладів (далі – кВП)**

1. Для кожного цеху, відділення, технологічного агрегата повинен бути складений і затверджений роботодавцем перелік параметрів і приладів, без яких робота технологічного обладнання не дозволяється.

2. Необхідно, щоб прилади за своїм виконанням відповідали середовищу, у якому вони експлуатуються.

3. Контрольно-вимірювальні прилади, що встановлені зовні приміщення, повинні бути захищені від атмосферних впливів, а в необхідних випадках обладнані обігрівними пристроями і теплоізоляцією.

4. Прилади (імпульсні лінії), якими вимірюються параметри продуктів, що замерзають, застигають або кристалізуються при мінусовій температурі навколишнього середовища та негативно впливають на КВП, необхідно заповнити інертним середовищем, що не замерзає, не застигає, не розчиняє продукт, параметри якого вимірюються, та не змішується з ним.

5. Рідину, яка заповнює імпульсні лінії, що йдуть від розподільних посудин до КВП і апаратів, необхідно систематично контролювати на вміст у ній вимірювального продукту та, залежно від кількості його у рідині, її замінювати.

6. Ртутні прилади повинні мати вловлювачі або інші захисні пристосування на випадок викиду ртуті.

Усі роботи зі ртуттю необхідно проводити відповідно до СанПиН 4607-88 "Санитарные правила при работе со ртутью, ее соединениями и приборами с ртутным заполнением", затверджених Мінохорони здоров'я СРСР 04. 04. 88 № 4607-88 (v4607400-88).

Під час ремонту контрольно-вимірювальних приладів не дозволяється проводити роботи зі ртуттю у приміщеннях, де встановлено щити КВП, а також у виробничих приміщеннях.

7. У всіх випадках, коли в пневматичних приладах застосування суміші повітря з горючими речовинами виробництва не дозволяється, стиснене повітря необхідно замінити на стиснений азот або інший інертний газ, який подається до приладів з буферних ємностей.

8. Під час застосування осушеного стисненого повітря або азоту з технологічних установок для приладів і засобів автоматизації відключення мереж повітря або азоту від трубопроводів цих установок повинно здійснюватися автоматично зворотним клапаном або іншим пристроєм, який установлений перед буферною ємністю.

9. У приміщенні щитової, де розміщені КВП, застосовувати водяне пожежогасіння, а також установлювати шафи для пожежних кранів та рукавів не дозволяється.

У цих приміщеннях необхідно застосовувати вуглекислотне пожежогасіння.

10. Перевірку справності приладів і регуляторів системи КВП необхідно проводити не менше одного разу на рік на стенді та оформляти відповідними протоколами або робити відповідні записи в спеціальних журналах.

11. Перевірку та випробування приладів у приміщеннях з виробництвами категорій А і Б необхідно проводити за умов, які унеможливають іскроутворення.

12. Не дозволяються роботи з регулювання та перевірки електричних приладів і електропроводки одночасно з проведенням у цьому приміщенні газонебезпечних робіт.

13. Усі планові або позапланові вимкнення засобів вимірювання, засобів автоматизації і систем автоматизації, відмова яких призводить до зупинки виробничого процесу та надходження шкідливих речовин у навколишнє середовище, повинні узгоджуватися з технічним персоналом письмово (із записом у спеціальних журналах).

## **2.2. Прилади для вимірювання тиску.**

### **Вимірювання тиску і розрядження.**

У багатьох технологічних процесах тиск є одним з основних параметрів.

**Під тиском  $P$**  розуміють дію сили  $F$  на одиницю площі поверхні  $S$ . І  $P=F/S$  – одиниця виміру Паскаль (Па).

В техніці розрізняє два види тиску:

- 1) статичну, залежне від запасу потенційної енергії вимірюваної середовища;
- 2) динамічне, зумовлене швидкістю потоку рідини або газу; Тиск може бути (види):

**1. Атмосферний** (барометричний) тиск навколишнього повітря;

**2. Надмірний** (манометричний) – тиск вище атмосферного;  $P_{\text{над}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}$

**3. Вакуумний** – тиск нижче атмосферного.  $P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}}$

**4. Абсолютним** тиском мається на увазі тиск, що дорівнює сумі атмосферного і надлишкового тисків.  $P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{над}}$

**Прилади, що вимірюють тиск поділяються:**



Мал.1

- 1. барометри** - вимірюють атмосферний тиск;
- 2. манометри** - вимірюють надлишковий тиск;
- 3. вакуумметри** - вимірюють розрядження;
- 4. моновакуумметри** - вимірюють тиск і розрядження;
- 5. напорометр** - вимірюють малий тиск;
- 6. тягометри** - вимірюють малі розрядження;
- 7. тягонапорометри** - вимірюють малий тиск і розрядження;
- 8. диференціальні манометри** - вимірюють різницю тисків у двох точках.

*Одиницею вимірювання тиску є Па (Паскаль), малий тиск, розрядження – мм. рт. ст.; мм. вод. ст.*

Позитивний тиск (вище атмосферного) вимірюється манометрами, а негативне – вакуумметрами.

**За принципом дії** прилади, що вимірюють тиск класифікують на:

**1. Рідинні** – тиск визначають по висоті стовпа рідини, що врівноважувала б цей тиск;

**2. Пружинні** – тиск визначається по висоті стовпа рідини або мембрани;

**3. Поршневі** – тиск визначається за величиною вантажу прикладеного до поршня;

**4. Електричні** – тиск визначається по застосуванню електричного параметра. Рідинні манометри

### 2.2.1. Рідинні та пружинні манометри; чашковий і дзвоновий манометри, принцип дії.

Рідинні манометри застосовують для вимірювання малих тисків і розрядження.

Класифікація рідинних манометрів:

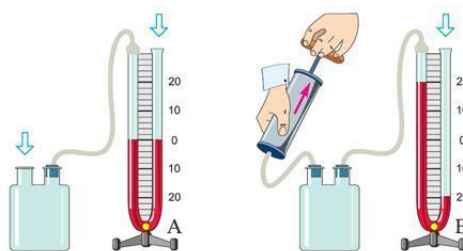
**1. U-образні;**

**2. чашкові;**

**3. поплавкові;**

**4. дзвіниці.**

**U-подібний манометр** являє собою дві сполучені посудини, заповнені робочою рідиною (водою, ртуттю, гліцериним). U-подібний манометр складається зі скляної трубки, заповненої робочою рідиною і забезпеченою шкалою, по якій відраховують різниця висот рівнів рідини в сполучених посудинах. Приладом можна вимірювати надлишковий тиск, розрідження, різниці тисків.

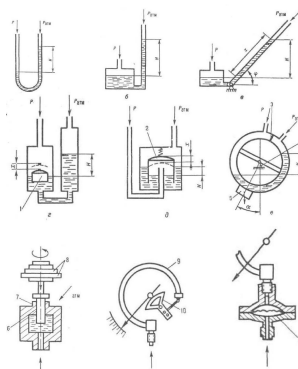


Мал.2 U-подібний манометр

**У дзвонових** манометрів тиск підводять під дзвін, який занурений в рідину. Дзвін піднімається або опускається в залежності від тиску. Він пов'язаний зі стрілкою, яка переміщаючись по шкалі, показує значення вимірюваного тиску.

**Чашкові манометри** відрізняються від попередніх манометрів тим, що трубка розширена і має вигляд чаші. Принцип дії приладів заснований на зрівноважуванні вимірюваного тиску гідростатичним тиском стовпа рідини.

**Поплавкові манометри** частіше застосовують для вимірювання різниці тисків. Манометри бувають з масляним і ртутним заповненням. Їх можна використовувати для вимірювання тиску і розрядження (також в пристроях вимірюють рівень і витрату рідин і газів).



На малюнках 3 представлені **основні види манометрів:**

**рідинні** (а - U-образний, б, в - чашкові соотв. з постійним і змінним кутом нахилу трубки, р - поплавковий, д - дзвоновий, е - кільцевої);

вантажопоршневі (ж); деформаційні (з – показує з трубчастою пружиною, і – мембранний роздільник тисків із закритою камерою)

1 – поплавок; 2 – дзвін; 3 – перегородка; 4 – опора; 5, 8 – вантажі; 6 – поршень; 7 – циліндр; 9 – пружина; 10 – передавальний механізм; 11 – камера;  $p$ ,  $p_{атм}$  – співвідношення вимірюваного та атмосферного тиску;  $H$  – висота стовпа манометричної рідини;  $x$ ,  $ax$  – міри вимірюваного тиску.

**U-подібний манометр** заливається підфарбованою водою до нульової позначки розташованої її в середині шкали. Тиск визначається по відстані між менисками в обох гілках трубки.



Мал.4  
U-подібний  
манометр

Сума відліків мм за шкалою (зверху і знизу від нульової відмітки

показує різницю тисків в кг/м<sup>2</sup>. 3

З метою підвищення точності

відліків приладу останній можна заповнювати

рідиною з об'ємною вагою  $<1$  (наприклад, етиловим спиртом).

При вимірюванні тиску більше 1000

кг/м<sup>2</sup> манометр доцільно заливати

ртуттю з об'ємною вагою  $=13,6$  г/см<sup>3</sup>. В

цих випадках на тиск, відлічена за

шкалою манометра, слід вводити поправку на об'ємну вагу рідини



Мал.5

Рідинний манометр Kimo ECM

### 2.2.2. Пружинні прилади.

Пружинні прилади широко застосовують для вимірювання тиску рідини, газу, пари. Принцип дії заснований на використанні пружної деформації спеціальних пружин, під дією вимірюваного тиску.

**Класифікація пружинних приладів:**

1. з одновитковою пружиною;

2. мбагатовитковою (геликоидальною) пружиною;
3. плоскою гофрованою мембраною;
4. сифонні манометри

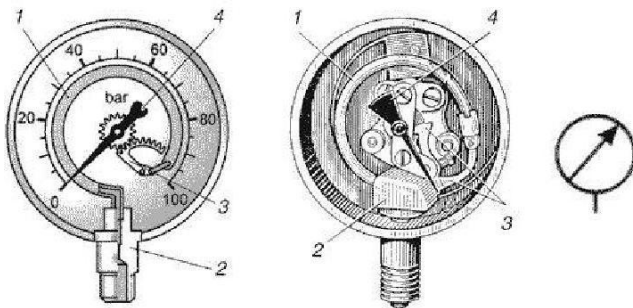
#### **Пружинні манометри випускають чотирьох типів:**

- 1. технічні** - розраховані на великий інтервал тисків;
- 2. контрольні** - служать для точних вимірів;
- 3. зразкові** - застосовують для перевірки перших двох груп;
- 4. манометри** для точних вимірювань

Пружинні манометри (мал.6) прості по конструкції, надійні і придатні для вимірювання тиску в широких межах. Пружинні манометри виготовляють у вигляді показують приладів, а також з пристроями для дистанційної передачі показань, реєстрації і сигналізації.

В якості чутливого елемента в пружинних манометрах використовують трубчасті одновиткові і багато виткові пружини, гармониковые (сифонні), коробчаті і плоскі мембрани. На малюнку показані деякі схеми вимірювальних механізмів пружинних манометрів.

У звичайній конструкції манометра з одновитковою пружиною вимірювальний механізм змонтований на жорсткій литій підставі. В основу впаяна пустотіла пружина овального перерізу, виготовлена з латуні або сталі. Тиск у внутрішню порожнину пружини підводиться через ніпель, що становить одне ціле з основою. Ніпель має зовнішню різьбу для з'єднання манометра з лінією, підвідної вимірюється тиск.



Мал.6 Пружинний манометр



На підставі закріплені передавальний механізм зі стрілкою і корпус манометра, що має круглу форму. У корпус вкладена шкала у формі циферблата і поверх шкали надіта засклена кришка.

Тиск вимірюваного середовища впливає на внутрішню поверхню трубчастої 4 пружини, при цьому пружина розпрямляється. Вільний кінець пружини переміщується і через тягу захоплює за собою зубчастий сектор, який в свою чергу повертає малу шестерню зі стрілкою показчика. За шкалою відраховують вимірюваний тиск.



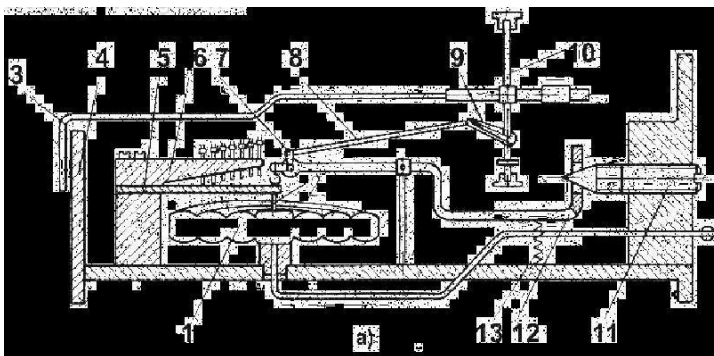
Мал.7 Мембранний манометр

**Мембранні манометри** (мал.7), тобто напороміри, тягоміри, тягонапороміри призначені для вимірювання малих тисків і розріджень, в тому числі напоромери — для вимірювання надлишкового тиску до 40 кПа.

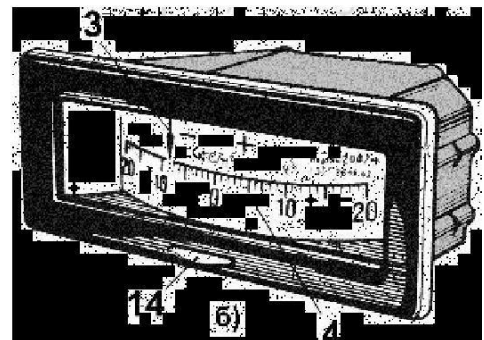
*Мембранний манометр* — це манометр деформаційний, в якому чутливим елементом є мембранна коробка. Мембранна коробка складається з двох латунних гофрованих дисків, спаяних по колу.

*Принцип дії мембранного манометра* приладу заснований на зменшенні надлишкового тиску силами пружної деформації мембранної коробки.

Тягонапороміри — мають шкалу з нулем посередині, і вимірюють як тиск, так і розрядження.



Мал.8(а)



Мал.8(б)

*Влаштування мембранного напоромера (а) і тягонапоромера (б):*

1 — мембранна коробка; 2 — штифт; 3 — стрілка; 4 — шкала; 5, 13 — пружини; 6 — кронштейн; 7, 9, 12 — важіль; 8 — тяга; 10 — вісь; 11 — регулювальний гвинт; 14 — коректор нуля.

**Випускаються прилади наступних типів:**

НМП — напороміри мембранний показує,

МП — тягоміри мембранний показує,

ТНМП — тягонапороміри мембранний показує.

*Мембранні манометри випускаються по класу точності 1,5 — 2,5 %.*

**Експлуатація мембранних манометрів:**

- перевірка справності манометра посадкою стрілки на «0» не рідше 1 разу в зміну,
- перевірка роботи манометрів контрольним манометром, що має таку шкалу і клас точності не рідше 1 разу в 6 місяців,

- повірка здійснюється не рідше 1 разу в рік з установленням клейма на склі приладу,
- експлуатація технічних манометрів повинна проводитися при температурі навколишнього середовища від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  і вологості повітря — не більше 80 %

Для точок вимірювання з підвищеним тиском. Для вимірюваних середовищ з температурою до  $100^{\circ}\text{C}$ . З наповненням гліцерином – для динамічної пульсації тиску і вібрації. Для газів і рідин.

### Застосування.



Мал.9 Манометр диференційованого тиску

Для гірничодобувної промисловості, екологічних технологій, машинобудування, будівництва промислових установок. Манометр диференціального тиску призначений для вимірювання різниць (перепадів) тиску газоподібних і рідких середовищах. Особливо підходить для вимірювання втрати тиску в фільтрах в техніці кондиціонування повітря і вентиляційної техніки, а також для використання в системах опалення та трубопроводах (вимірювання падіння тиску при 5 проходженні фільтрів, насосів тощо).

Принцип дії дифманометра заснований на порівнянні двох тисків подаються з різних сторін на пружну мембрану, прогин якої перетворюється з допомогою передавального механізму в кутове переміщення стрілки, і служить мірою різниці тисків.

За принципом дії прилади ділять на: а) рідинні; б) з пружними елементами.

Тиск вимірюваного середовища врівноважується тиском стовпа води, ртуті, спирту.

Однотрубні мікроманометри мають 3 основні частини: шкалу, чашку(резервуар), трубку.

При вимірі до 10 кПа в цехах застосовують рідинні мікроманометри.

До 1000 МПа використовують манометри з пружними елементами.

Принцип дії. Сила тиску пружного деформує чутливий елемент (одно – і – багато виткові пружини, сильфон, мембрани).

*Широке поширення отримали манометри з одновитковою пружиною. Їх випускають самописні, показують, без шкальні і для дистанційної передачі ( працюють при температурі навколишнього повітря -  $4 + 60^{\circ}\text{C}$ )*

Манометри спеціального призначення використовують для вимірювання тиску кисню( O ), водню (H ) і ін. газів.

Якщо необхідно виміряти тиск, що змінюється з великою частотою, то використовуються п'єзоелектричний манометр. (П'єзо - елемент – кварц, титанат барію – це пружний елемент, що перетворює механічну напругу в електричний струм).

### 3 Прилади для вимірювання витрат рідин і газів.

**Витратоміри** – це прилади для вимірювання витрат.

**Лічильники** – це прилади, які проводять підсумовування витрат за якийсь період часу.

Вимірювання параметрів рідких та газоподібних речовин широко застосовують у різних галузях народного господарства, зокрема, в нафтодобувній промисловості, в нафтопереробних та нафтогазотранспортних системах, харчовій промисловості. Без правильного визначення витрат компонентів неможливо провести якісні технологічні процеси в хімічній, енергетичній, целюлозній та інших галузях промисловості.

Вимірювання витрат становлять понад 15 % від усіх промислових вимірювань. Похибки вимірювань витрат в промислових умовах становлять 1...2 %, хоча в окремих галузях спостерігається тенденція її зменшення до рівня 0,2...0,5 %.

Діапазон вимірювань витрат рідин можна розділити на три піддіапазони: малі витрати - до  $15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ , середні витрати -  $15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \dots 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  та великі витрати - понад  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Існує велике різноманіття методів вимірювань та конструктивних різновидів витратомірів і лічильників. Найпоширенішими є витратоміри *змінного перепаду тисків* з звуженими пристроями, постійного перепаду тиску з перетворенням витрат в силу або переміщення, тахометричні, теплові, індукційні витратоміри

**Витратою** називається кількість газу або рідини, що протікає через поперечний переріз трубопроводу за одиницю часу.

В СІ *витрата* може бути *об'ємна*  $Q$ , що виражається в  $\text{м}^3/\text{с}$ , або *масова*  $M$ , що виражається в  $\text{кг}/\text{с}$ . Позасистемною одиницею вимірювання витрати є літр за секунду ( $\text{л}/\text{с}$ ).

Масова і об'ємна витрати пов'язані між собою залежністю  $M=Q\rho$ , де  $\rho$  - щільність газу або рідини.

Середньою швидкістю потоку називається відношення об'ємної витрати до площі поперечного перерізу потоку:  $v_{cp}=Q/S$ , де  $Q$  - об'ємна витрата газу (рідини),  $S$  – площа поперечного перерізу потоку.

Фізично  $v_{cp}$  представляє собою постійну у всіх точках перерізу величину швидкості потоку, проте, внаслідок впливу сил в'язкості швидкість по перерізу потоку розподіляється нерівномірно. Максимальну швидкість має потік в центрі перерізу. При віддаленні від центру швидкість потоку зменшується до нуля біля стінок труби.

Потоки діляться на стаціонарні і нестаціонарні, ламінарні (безвихрові) і турбулентні (вихрові). У стаціонарному потоці середня швидкість і витрата рідини в перерізі потоку не змінюються у часі. Якщо середня швидкість і витрата рідини в перерізі потоку змінюються у часі, то такий потік називається нестаціонарний.

Витратоміри, які застосовуються для вимірювання витрати рідин і газів, діляться на такі типи:

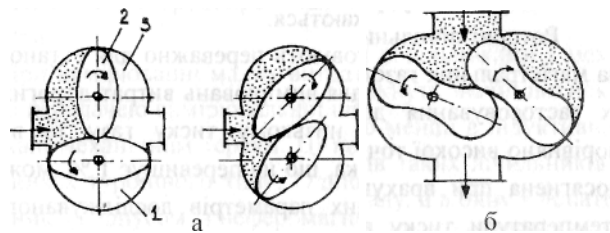
- тахометричні лічильники, що працюють за принципом вимірювання частоти обертання частин приладу, що знаходиться у вимірюваному середовищі,
- витратоміри постійного перепаду тиску, які вимірюють робочим тілом (поплавцем) гідродинамічний тиск середовища,
- витратоміри змінного перепаду тиску, що вимірюють перепад тиску на пристроях, які встановлені в вимірювальному потоці,
- індукційні витратоміри, що працюють на принципі вимірювання електрорушійної сили (е.р.с.), індукованої у магнітному полі при протіканні потоку рідини,
- ультразвукові витратоміри, що працюють на принципі вимірювання швидкості поширення ультразвуку у вимірювальному потоці.

Крім даних типів витратомірів впроваджуються нові типи витратомірів: масові турбовитратоміри і витратоміри, які працюють на принципі ядерно-магнітного резонансу.

### 3.1. Об'ємні методи вимірювання витрат

Об'ємні методи основані на принципі послідовного додавання порцій досліджуваного потоку рідини чи газу, що проходить через вимірювальні камери, або на обертанні чутливого елемента (пробірки) під дією струменя досліджуваного середовища. Останній різновид об'ємного методу ще називається тахометричним.

За першим принципом будують об'ємні лічильники першої дії, зокрема лічильники з овальними шестернями та ротаційні лічильники, за другим - турбінні (без вимірювальних камер).



Мал.10. Об'ємні лічильники

Лічильник з овальними шестернями (мал.10 а) має вимірювальну камеру, в котрій знаходяться дві овальні шестерні, котрі обкочують одна одну в зустрічних напрямках, оскільки мають зубчасте зачеплення. Крутний момент, що діє на шестерні, виникає під дією різниці тисків до та після вимірювальної камери через овальну форму шестерні. З кожним обертом шестерень переміщується певний об'єм досліджуваного середовища. Згадані лічильники - швидкодіючі. При певних конструктивних розмірах вони дають змогу вимірювати значні об'ємні витрати. А враховуючи специфіку роботи таких витратомірів, можна без особливих ускладнень формувати вихідні сигнали у вигляді імпульсів, пропорційних до об'ємних витрат, струмових та частотних сигналів,

що можуть бути використані як для дистанційної передачі вимірювальної інформації, так і в системах контролю та регулювання витрат у технологічних установках.

У зв'язку з високою точністю (основна похибка 0,5 %) у широкому діапазоні вимірювальних витрат, незалежністю показів від в'язкості досліджуваного середовища, малими витратами тиску, значним крутним моментом та довговічністю лічильники з овальними шестернями широко застосовуються як побутові витратоміри рідин та газів, а також як первинні перетворювачі в системах управління та регулювання параметрів технологічних процесів.

*Недоліком* таких лічильників є високий рівень акустичного шуму, чутливість до забруднення досліджуваної речовини, що зумовлює необхідність її фільтрації.

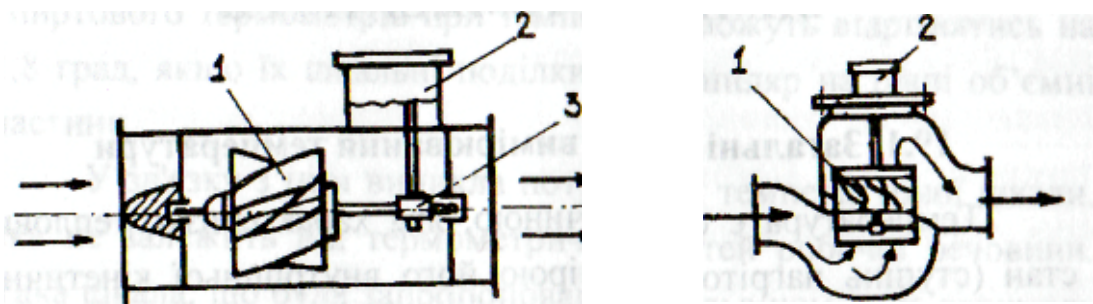
### 3.2. Роторні, турбінні лічильники.

Основними елементами роторного лічильника є два гладкі ротори у формі вісімки, які обкочують один одного в камері з перерізом неповних кіл (мал.10. б). Ротори з'єднані шестеренчастим редуктором, залитим оливою, з лічильником обертів. Оскільки проміжок між поверхнями роторів не перевищує 0,1 мм, то при обертанні, яке викликане досліджуваним потоком газу, ротори не торкаються.

Роторні лічильники використовують переважно для встановлення на магістральних газопроводах та для вимірювань витрат дорогих газів, їх застосування доцільне при низькому тиску газу та вимогах порівняно високої точності. Похибка, що не перевищує 1 %, може бути досягнена при врахуванні реальних параметрів досліджуваного газу (температури, тиску, вологості) та безперервній корекції показів відповідно до значення названих параметрів.

У розглянутих вище об'ємних лічильниках кожному повороту чутливого елемента відповідає точно обмежений об'єм досліджуваного середовища. В лічильниках, які будуть розглянуті нижче, як чутливий елемент використовується турбінка з лопатками, яка обертається під дією досліджуваного потоку, а кількість її обертів пропорційна об'ємним витратам.

Турбінні витратоміри (лічильники) бувають двох типів: з аксіальною турбінкою, вісь якої збігається з напрямком досліджуваного потоку і з'єднана передачею з лічильником обертів, і з вертикальною турбінкою - вісь якої безпосередньо зв'язана з лічильником обертів (мал.11.).



Мал.11. Турбінні лічильники

Принцип дії лічильників приведених типів заснований на вимірюванні швидкості обертання турбінки під дією досліджуваного потоку. Для безперебійної її роботи необхідна відсутність завихрень у потоці, що надходить на турбінку. Для цього використовують спеціальні випрямлячі струменя досліджуваної речовини, виконані у вигляді набору трубок або взаємоперпендикулярних схрещених пластин і вмонтованих по перерізу трубопроводу перед турбіною та після неї.

Турбінні лічильники з механічним лічильним механізмом застосовують переважно для вимірювання витрат гарячої та холодної води і встановлюють на трубопроводах з приєднувальними розмірами понад 50 см.

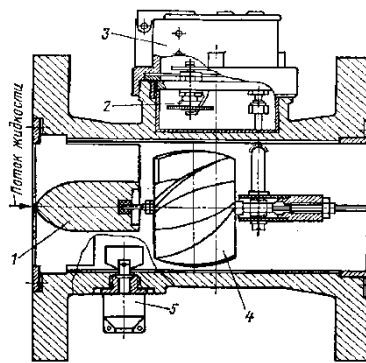
При вимірюванні малих витрат турбінними лічильниками з механічною передачею вимірювальної інформації виникнуть значні похибки, викликані механічним тертям. Ці похибки значно менші в індуктивних лічильниках турбінного типу. Одним з різновидів таких лічильників є лічильник з корпусом із неферомагнітного матеріалу, а в одну з лопаток турбіни вмонтований постійний магніт. При обертанні турбінки магніт індукує у вимірювальній обмотці, розміщеній у зовнішній частині корпуса, імпульси напруги, частота яких пропорційна кількості обертів турбінки.

В іншому конструктивному варіанті пару чи декілька пар лопаток і маточину турбінки виготовляють із феромагнітного матеріалу, а на зовнішній частині корпуса розміщують один чи декілька сильних магнітів з індукційними котушками. При обертанні турбінки під дією досліджуваного потоку рідини змінюється повітряний проміжок магнітного контуру, а отже, і магнітний потік. Зміна магнітного потоку наводить в обмотках змінну напругу, частота якої пропорційна кількості обертів турбінки, а також витратам.

Тахометричні (турбінні) витратоміри відносяться до найбільш точних приладів для вимірювання витрати рідини. Похибка цих приладів складає 0,5-1,0%. До переваг приладів даного типу можна віднести простоту конструкції, високу чутливість, можливість вимірювання великих і малих витрат. Істотними недоліками таких приладів є зношування опор і необхідність індивідуальної градуїровки за допомогою градуїрованих витратомірних установок.

До основних елементів приладу відноситься тахометричний датчик (ротор) і відліковий пристрій. Принцип дії приладу заснований на підсумовуванні за визначений період часу числа обертів ротора, який знаходиться у вимірювальному середовищі, частота якого пропорційна середній швидкості рідини, що протікає, тобто її витраті. Лічильний механізм витратоміра з'єднаний за допомогою редуктора з тахометричним ротором. По лічильному пристрою визначається значення витрати.

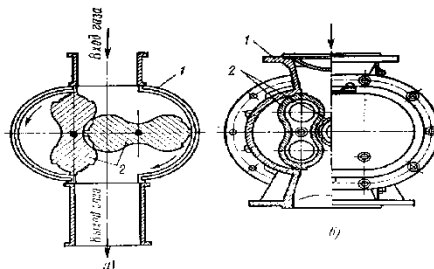
Витратоміри (швидкісні лічильники рідини) характеризуються нижньою і верхньою межами вимірювання і номінальною витратою. Нижня межа вимірювання є мінімальною витратою, при якій прилад здатний вимірювати з допустимою похибкою. Верхня межа вимірювання є максимальною витратою, при якій забезпечується короткочасна робота лічильника (не більше однієї години на добу). Номінальна витрата є максимальна тривала витрата, при якій забезпечується допустима похибка, а витрата тиску не створює зусиль, що призводять до швидкого зносу деталей, які труться.



Мал.12. Лічильник води турбінний ВТ

Найбільш поширеними типами таких лічильників є лічильники типів ВК, УВТ і витратоміри бензину, толуолу й ацетону типу ЩЖУ. На мал.12. 1 зображено лічильник води турбінний ВТ із горизонтальною турбіною. Потік рідини при вході в прилад вирівнюється випрямлячем струменя 1 і направляється на лопатки турбіни 4. Черв'ячною парою 5 і передавальним механізмом 2 обертання турбіни передається на лічильний пристрій 3.

Для вимірювання витрат очищених газів застосовують ротаційні об'ємні газові лічильники типу РГ (мал.13), що працюють при температурі газу у межах 0—50°C і тиску до 100кПа (1кгс/см<sup>2</sup>). Найменша витрата, що вимірюється лічильником, складає 10% від номінальної витрати. Лічильник складається з корпусу, дволопосних роторів, передавального і лічильного механізмів. Під дією різниці тисків газу на вході і виході приладу ротори 2 приводяться в обертання.

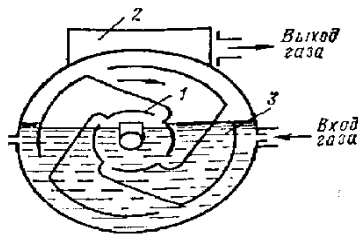


Мал.13 Газовий лічильник РГ: а – схема; б – загальний вигляд  
1 – корпус; 2 – ротори

Принцип дії об'ємних ротаційних лічильників заснований на підсумовуванні одиничних об'ємів газу  $V_o$ , витиснутих роторами з вимірювальної камери приладу за визначений період часу. За один оборот два ротори витісняють об'єм газу  $V_o$ . Частота обертання  $N$  роторів за визначений період часу фіксується лічильним механізмом. Отже, формула для вимірювання обсягу газу  $V$ , що пройшов через прилад, буде мати вигляд  $V = V_o N$ .

Газові лічильники типу РГ в залежності від модифікації випускають на витрати 40, 100, 250, 400, 600 і 1000 м<sup>3</sup>/год. Похибка показань у межах 10-100% номінальної витрати складає  $\pm 2\%$ .

Для точного вимірювання малих витрат газів і перевірки приладів обтікання застосовуються барабанні газові лічильники типу ГЛБ (мал. 14).



Мал.14 Барабанний газовий лічильник ГЛБ

Основними елементами лічильника є барабан 1 із чотирма рівними вимірювальними камерами і лічильним механізмом 2. Металевий барабан занурений у рідину 3. Під дією різниці тисків газу на вході і виході лічильника барабан обертається, при цьому газ витісняється рідиною з камер барабана. Повний обсяг барабана дорівнює сумарному обсягу всіх чотирьох камер. За допомогою лічильного механізму визначається витрата газу. Барабанні лічильники мають похибку  $\pm(0,2-1)\%$ . Необхідними умовами правильної роботи лічильника є: точно визначена висота рівня рідини, повна горизонтальність приладу по встановленому рівню.

## 4. Вимірювання і контроль рівня.

### 4.1. Вимірювання рівня.

Сучасні заводи промисловості будівельних матеріалів оснащені різними ємностями, призначеними для зберігання сировини, напівфабрикатів або готової продукції, для забезпечення безперебійного технологічного процесу необхідна постійна інформація про кількість матеріалів у цих ємностях.



Мал.15. Датчик рівня рідини

Мал.16. Датчик рівня сипучих матеріалів

**Рівнемір** — прилад, призначений для визначення рівня вмісту у відкритих і закритих ємностях, резервуарах, сховищах та інших ємностях. Під вмістом маються на увазі різноманітні види рідин, в тому числі і газоутворююча, а також сипучі та інші матеріали. Рівнеміри так само називають датчиками/сигналізаторами рівня, перетворювачами рівня. Головна відмінність рівнеміра від сигналізатора рівня — це можливість вимірювати градації рівня, а не тільки його граничні значення.

В промисловому виробництві в даний час існує різноманітний ряд технічних засобів, які вирішують задачу вимірювання та контролю рівня( мал.15, 16). Засоби вимірювання рівня реалізують різноманітні методи, засновані на різних фізичних принципах.

До найбільш поширених методів вимірювання рівня, які дозволяють перетворити значення рівня в електричну величину і передавати її значення в системи АСУ ТП відносяться:

**контактні методи:**

- хвилеводний;
- поплавковий,
- ємнісний,
- гідростатичний,
- буйковий;

**безконтактні методи:**

- зондування звуком,
- зондування електромагнітним випромінюванням, — зондування радіаційним випромінюванням.

## **4.2. Прилади для вимірювання рівня.**

Прилади, що вимірюють рівень, умовно поділяють на дві групи:

- 1) рівнеміри;
- 2) сигналізатори рівня.

Вимірювання рівня рідини полягає у вимірюванні висоти її рівня від стану, прийнятого за нульовий. Різноманітність типів рівнемірів пояснюється різноманітністю властивостей вимірюваних рідин.

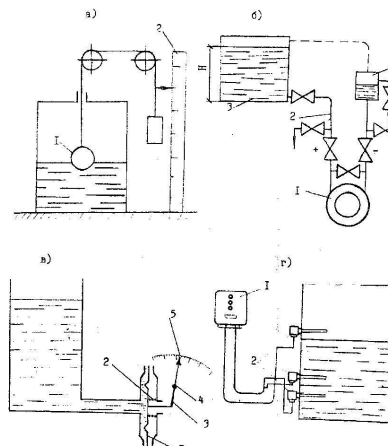
За принципом дії розрізняють такі типи приладів, що вимірюють рівень:

1. поплавкові,
2. буйкові,
3. диференціальні
4. мембранні,
5. гідростатичні,
6. п'єзометричні,
7. ємнісні,

8. контактні,
9. радіоактивні.

У поплавкових урівнемерах (рис.) вимірювання рівня рідини засноване на тому, що поплавець 1, частково занурений в рідину, при зміні її рівня може переміщатися по вертикалі. Поплавок з'єднаний зі стрілкою, що вказує рівень рідини по шкалі 2.

Поплавкові рівнеміри непридатні для в'язких рідин. Найбільш часто вони використовуються для вимірювання рівнів у великих відкритих резервуарах, а також у закритих резервуарах з низьким тиском. У буйкових урівнемірів принцип дії заснований на вимірюванні переміщення буйка або сили гідростатичного тиску, що діє на буйок. Буйок, у відмінності від поплавця, не плаває на поверхні рідини, а занурюється в рідину і переміщається в залежності від її рівня. Буйкові рівнеміри найбільш часто застосовуються для виміру рівня однорідних, у тому числі агресивних рідин, що знаходяться при високих робочих тисках (до 32 МПа) і високих температурах. Головна особливість буйкових рівнемірів - можливість вимірювання рівня границі розділу двох рідин. Недоліки цих урівнемірів - залежність їх точності і щільності та температури вимірюваного середовища, обмеженість використання для великих діапазонів (понад 16м). Маркування - УБ-Е.



Мал.17 Дифманометр

- а) поплавковий,
- б) диференціальний
- в) мембранний,
- г) ємнісний.

Диференціальними манометрами можна вимірювати рівень рідини в посудинах, що перебувають під тиском і без нього. Принцип дії заснований на вимірюванні гідростатичного тиску рідини за допомогою диференціального манометра.

На мал.17. наведена схема вимірювання рівня рідини в резервуарі дифманометром. Дифманометр I за допомогою сталеві трубки 2 приєднують до резервуару 3, рівень в якому вимірюють. Перепад тисків у камерах дифманометра дорівнює тиску стовпа рідини в резервуарі. Цей перепад визначає рівень заповнення резервуара. Дифманометр зазвичай встановлюється нижче дна резервуара. Для усунення впливу на показання дифманометра стовпа рідини в сполучній трубці встановлюють зрівняльну посудину 4, заповнену тією ж рідиною. Дифманометри вимірюють рівень в'язких однорідних рідин під будь-яким тиском.

*Недолік цих рівнемірів - похибка вимірювання при зміні температури і щільності рідини.*

**Мембранний рівнемір** призначений для вимірювання рідини в резервуарах. Принцип дії цього приладу заснований на зрівноважуванні гідростатичного тиску стовпа рідини силою пружної деформації мембрани (рис.).

Тиск вимірюваної рідини подається до мембрани 1. Під дією тиску мембрана прогинається, а разом з нею прогинається і пружина 2. Мембрана з'єднана з вилкою 3 закріпленої на осі 4, яка повертається, так як мембрана переміщається. Рівень визначають за шкалою 5.

Принцип дії гідростатичного рівнеміра заснований на вимірюванні гідростатичного тиску рідини залежить від висоти її рівня. Застосовують рівнеміри для вимірювання рівня рідин, що знаходяться під атмосферним тиском. Застосовують перетворювачі "Сапфір - 22ДГ" та "Сапфір - 22ДГ-ВН".

**П'єзометричні рівнеміри** не мають безпосереднього контакту з вимірюваною середовищем, а сприймають гідростатичний тиск через повітря, що є його перевагою. Принцип дії рівнемірів заснований на перетворенні гідростатичного тиску рідини тиск повітря, що подається від стороннього джерела і барботирующего через шар рідини.

**Ємнісні рівнеміри** призначені для контролю, сигналізації рівня матеріалу в резервуарі, бункері. Принцип дії заснований на розходженні діелектричної проникності рідини і повітря. В якості контрольованих середовищ можуть бути рідкі, гранульовані, дрібно кускові середовища. Ємнісний сигналізатор (рис. 2.25 г) складається з електронного блоку 1 і приймального пристрою 2, з'єднаних кабелем. Електронний блок приладу являє собою генератор високої частоти. В залежності від рівня середовища змінюється ємність електрода, змінюється анодний струм лампи. Спрацьовує реле, включене в анодний ланцюг, що викликає замикання або розмикання контактів реле.

**Контактні рівнеміри** призначені для дистанційного контролю заповнення бункерів сипучим матеріалом (рис.2.26 а). На різній висоті в стінці бункера 1 послідовно встановлюють контактні пристрої 2, до яких підключені сигнальні лампочки 3, що знаходяться на диспетчерському пульті. Контакти замикаються при тиску на них сипучих матеріалів. Кількість палаючих ламп на пульті дає можливість стежити за наповненням бункерів.

## 5 Вимірювання вологості.

Кількість вологи, яка міститься в матеріалі зазвичай виражають у відсотках. Для оцінки кількості вологи використовують дві величини: **вологовміст і вологість**.

**Вологовміст** виражається у відсотках відношення маси вологи  $M_v$  міститься в матеріалі, до маси абсолютно сухого матеріалу  $M_t$

$$U_c = \frac{M_v}{M_t} \times 100\% \quad (6)$$

**Вологість** – виражене у відсотках відношення маси вологи ( $M_v$ ) до маси вологого матеріалу  $M_t + M_v$

$$U = \frac{M_v}{M_t + M_v} \times 100\% \quad (7)$$

*При цьому під вологістю повітря розуміють* вміст водяної пари в повітрі, яке може визначатися пружністю водяної пари, абсолютною вологістю, відносною вологістю і точкою роси.

**Пружність водяної пари** - вимірюється в мм Нд (мм рт. ст) порціональний тиск водяної пари, що міститься в повітрі.

Парціональний тиск – тиск компонента ідеальної газової суміші, яке він надавав би, якщо б один обіймав обсяг всієї суміші.

**Абсолютна вологість** – кількість водяної пари в грамах, що міститься в 1 м<sup>3</sup> повітря.

**Відносна вологість** – виражене у відсотках відношення пружності водяної пари, що міститься в повітрі, до пружності насиченої пари при тій же температурі.

**Точка роси** – температура, до якої повинне охолонути повітря, для того щоб міститься в ньому пар досяг насичення і почав конденсувати, тобто з'явилася роса.

**Відносна вологість** – виражене у відсотках відношення пружності водяної пари, що міститься в повітрі, до пружності насиченої пари тій же температурі.

## 5.1. Прилади для вимірювання вологості

У **чорній металургії** для вимірювання відносної вологості повітря є психрометричний метод, що базується на зміні охолодження поверхні зволоженого тіла при випаровуванні з неї води в залежності від вологості тіла. Чим менша вологість повітря, тим нижче температура тіла.

**Психрометр** - прилад для вимірювання вологості за психрометричним методом

**Дія психрометра** (мал.18) типу ПЕ базується на принципі визначення різниці температур «сухого» і «мокрого» термометрів ( у «мокрого» резервуар обгорнутий змоченим тканиною).

Вологість визначається по різниці показань «сухого» і «мокрого» термометрів, що залежать від відносної вологості повітря, а також від величини барометричного тиску, температури і



Мал.18 Психрометр

швидкості обтікання «мокрого»  
термометра повітрям або газом.

**Методи вимірювання вологості повітря.** Психрометр - метеорологічний прилад для вимірювання вологості повітря, простий тип гігрометру. У найпростішому випадку складається з сухого і змоченого термометрів (резервуар обгорнутий змоченим батистом). За різницею показів цих термометрів і за допомогою таблиць, номограм визначають абсолютну і відносну вологість повітря. Крім того, за показаннями термометрів знаходять точку роси, максимальний парціальний тиск парів у повітрі, дефіцит вологості. Розрізняють стаціонарні, аспіраційні та дистанційні психометри. При температурах нижче - 5° для визначення вологості повітря користуються гігрометром.



Мал.19 психрометр.

**Психрометрическая таблица**

| Показания<br>сухого<br>термометра,<br>°C | Разность показаний сухого и влажного термометров, °C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                          | 0                                                    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|                                          | Относительная влажность, %                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12                                       | 100                                                  | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 |
| 13                                       | 100                                                  | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 |
| 14                                       | 100                                                  | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 |
| 15                                       | 100                                                  | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 |
| 16                                       | 100                                                  | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 |
| 17                                       | 100                                                  | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 |
| 18                                       | 100                                                  | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 |
| 19                                       | 100                                                  | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 |
| 20                                       | 100                                                  | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 |
| 21                                       | 100                                                  | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 |
| 22                                       | 100                                                  | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 |
| 23                                       | 100                                                  | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 |
| 24                                       | 100                                                  | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 |
| 25                                       | 100                                                  | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 |

Психрометрична таблиця

## 6 Вимірювання температури

### 6.1. Прилади для вимірювання температури.

*Температурою називають величину, що характеризує тепловий стан тіла.*

Вимірювати цю енергію безпосередньо, як довжину, масу не представляється можливим. Але при зміні температури тіла змінюються і його фізичні властивості: обсяг, тиск, електричний опір, термоелектрорушійна сила. Ці властивості тіл беруть в основу пристрою приладів для вимірювання температури.

У промисловості будівельних матеріалів, як і в багатьох інших галузях промисловості, температура є одним з найважливіших параметрів, що характеризують процес.

При вимірюванні температури застосовують дві температурні шкали: термодинамічну з одиницею виміру Кельвін і міжнародну – градус Цельсія.

*Засоби вимірювання температури класифікують:*

1. термометри розширення (для вимірювання температур – 200-650 °C);
2. манометричні термометри для вимірювання температур – 60-650 °C);
3. термометри опору (для вимірювання температур – 200-650 °C);

4. термоелектричні термометри (термопара) (для вимірювання температур – 50-2000 °С);
5. пірометри (для вимірювання температур +400-2500 °С, +800-6000 °С).

## 6.2. Конструкція приладів для вимірювання температури.

### Термометри розширення

Принцип дії термометрів заснований на властивостях тіл при зміні температури змінювати свій об'єм

Термометри бувають:

1. **рідинні скляні** - дія заснована на різних об'ємних коефіцієнтах розширення рідини і скла;
2. **дилатометричні (стрижневі)** – дія заснована на різних коефіцієнтах лінійного розширення двох розташованих поруч стрижнів, при зміні температури;
3. **біметалічні** – принцип дії заснований на різних коефіцієнтах лінійного розширення металів

До групи *рідинних скляних термометрів* відносяться:

1. ртутні скляні термометри (робоча рідина ртуть);
2. спиртові скляні термометри (робоча рідина спирт).

**Ртутні термометри** можуть бути електроконтактними:

1. з рухомим контактом;
2. не рухомим контактом.

Недоліки рідинних термометрів – *крихкість, інерційність*.

Термометри прямі (ТЖСТ) (мал.20), призначені для безпосереднього вимірювання температури різних середовищ на різних типах технологічних ліній та обладнання.

**Термометри спеціальні вібостійкі** СП-В ТУ У  
33.2-14307481-34:2005



Застосовується для вимірювання температури в установках, працюючих **в умовах завищеної вібрації**.

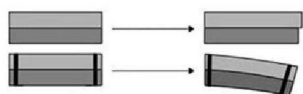
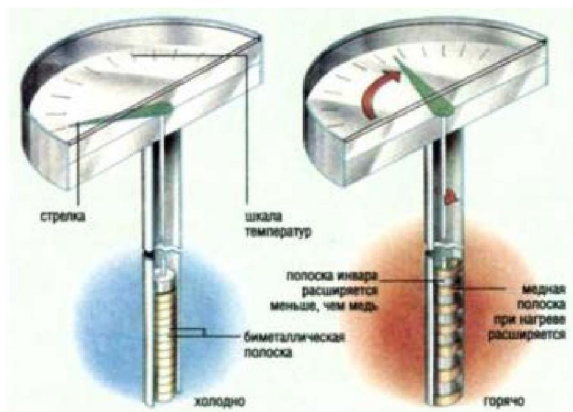
Термометр с прикладною шкалою, складається із товстостінного капіляра, поміщеного в захисну металеву оправу. Нижня частина оправу виготовляється із латуні або нержавіючої сталі з різьбою різного типу.

**Контактний цифровий термометр ТК-5.01М** (мал.21) використовується для вимірювання температури рідинних сипучих середовищ за допомогою контакту зонда з об'єктом. Температурний діапазон вимірювання приладу від  $-40$  до  $+200$  °С. Конструктивно прилад складається із електричного блоку та незмінного мідного зонда, які з'єднані кабелем. В якості термочутливого елементу в зонді використовуються термоелектричні перетворювачі с НСХ по ГОСТ Р 8.585.



Мал.21 Контактний цифровий термометр

### Термометри, засновані на розширенні твердих тіл



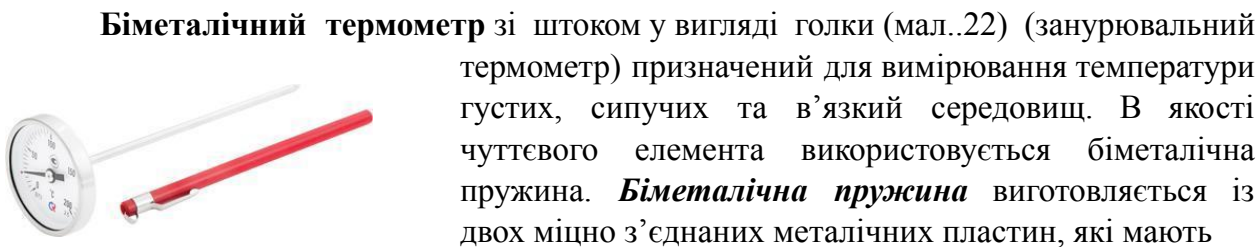
Мал.21 (а)

Мал.21(б)

**Біметалічні Ділатометричні**

Принцип дії ділатометричних термометрів (мал.21 а, б) заснований на різниці лінійного розширення двох твердих тіл з різними температурними коефіцієнтами. Він складається з інварного стержня (Ni і Fe), латунної трубки і показуючої стрілки.

Один кінець інварного стержня жорстко з'єднаний з дном латунної трубки, а інший вільно переміщається. В залежності від температури навколишнього середовища виникає різниця подовжень трубки і стрижня. При цьому вільний кінець стрижня відхиляє стрілку приладу. Ділатометричні термометри застосовуються при вимірюванні температур в діапазоні  $0-500^{\circ}\text{C}$



Мал.22

**Біметалічний термометр** зі штоком у вигляді голки (мал.22) (занурювальний термометр) призначений для вимірювання температури густих, сипучих та в'язких середовищ. В якості чуттєвого елемента використовується біметалічна пружина. **Біметалічна пружина** виготовляється із двох міцно з'єднаних металічних пластин, які мають різні температурні коефіцієнти лінійного розширення. При зміні температури пружина вигинається та обертає стрілку термометра. Один кінець пружини закріплений всередині штока, а до другого приєднується вісь стрілки. Біметалічні термометри голчасті застосовуються **в сільському господарстві, будівництві (в том числі для вимірювання температури бетону)**.

### Манометричні термометри

Принцип дії манометричних термометрів заснований на властивості рідини, газів та пару змінювати тиск в замкнутому об'ємі в залежності від змінення температури.

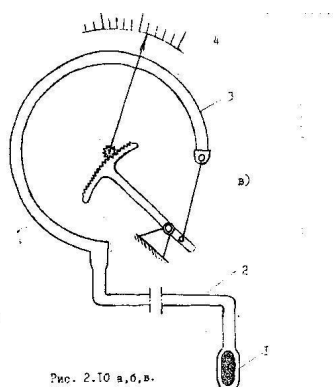


Рис. 2.10 а, б, в.

Манометричний термометр (мал.23) складається із первичного елемента – термобалона 1, заповненого робочою речовиною, передаточної капілярної трубки 2, трубчастої пружини 3, шкали 4, герметично з'єднаних між собою. Термобалон занурений у вимірююче середовище.

Робочу речовину вибирають, виходячи із вимірюючого інтервалу температур та необхідної чуттєвості приладу.

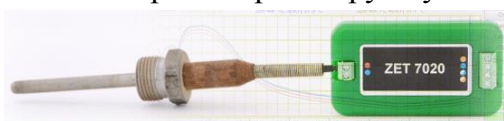
#### **Манометричні термометри бувають:**

1. газові – заповнюються інертним газом або азотом, модифікація ТСГ, ТПГ (реєструючий, показуючий);
2. парорідинні – заповнюються хлористим метилом, етиловим спиртом, модифікація ТПП (показуючий), ТСП (реєструючий);
3. рідинні – заповнюються ртуттю, ксилолом, модифікація ТПЖ (показуючий).

### Термометри опору

Принцип дії заснований на властивостях металевих провідників збільшувати електричний опір при нагріванні.

Термометри опору бувають **проволочні та напівпровідникові** (термістори).



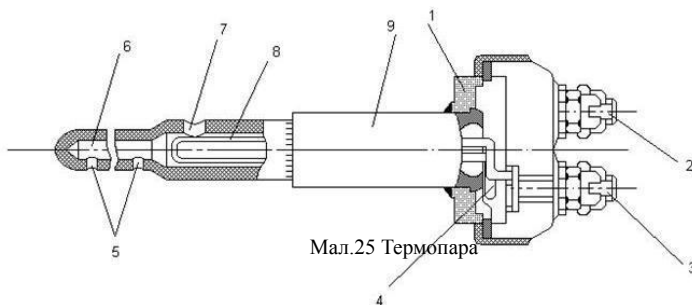
Мал.24 Термометр опору

Проволочні термометри опору виготовляють із платини та міді, модифікація ТСП, ТСМ.

Термометри опору із платини та міді технічно призначені для вимірювання та

контролю температури рідинних, твердих, газоподібних та сипучих середовищ в різних галузях промисловості. Вимірювальні перетворювачі використовуються в складі інтелектуальних датчиків температури з інтерфейсом RS-485 ZET 7021 TermoTR-485 и CAN ZET 7121 TermoTR-CAN.

В промисловості частіше застосовують термопари (термоелектричні термометри)



**Термопара (мал..25)** – старіший та й досі найбільш розповсюджений в промисловості температурний датчик. Дія термопари заснована на ефекті, котрий вперше був відкритий та описаний Томасом Зеєбеком в 1822 г – виникненням струму в замкнутому ланцюгу із двох різнорідних провідників при наявності градієнта температур між спаями.

#### **Термопара Т-99:**

1 – корпус; 2,3 – контактні винти; 4 – термоелектроди; 5 – входні отвори; 6 – камера гальмування; 7 – вихідний отвір; 8 – термоелектродний спай; 9 – штуцер.

Термопара хромель – алюмінієвий (ТХА) – 50 1000°С.

Термопара платиновий – платинова (ТПП) – 0 1300°С.

Термопара хромель – копелева (ТХК) – 0 600°С.

ТХА – діаметр термоелектродов = 0,5 мм 3,2 мм

ТПП – діаметр термоелектродов = 0,5 мм

Порцеляновий наконечник і наміста фарфор поміщають в чохол. Вимірювання термо ЕРС виробляють з допомогою потенціометра або мільтивольтметра. Автоматичні потенціометри ширше поширені.

#### **Термопара ТСМ, ТСП, ТСМУ, ТЖК, ТХК, ТХА,ТНН**

Занурювальні термоперетворювачі призначені для вимірювання температури рідинних, газоподібних та сипучих середовищ в різних галузях промисловості та сільського господарства. Мають широкий діапазон вимірювальних температур (от -50 до 800 °С).



**Термометри самописні (потенціометр) (мал.26)** призначені для вимірювання та запису на дисковій діаграмі температури рідинних та газоподібних середовищ



ТГС-711 – термометр однозаписний с приводом діаграмного диска від електродвигуна

ТГ2С-712 термометр двухзаписний с приводом діаграмного диска від часового механізму

Мал.26 Термометр самописний (потенціометр)

## Пірометри

Пірометри (мал.. 27) застосовуються для вимірювання високих температур. Пірометром називають прилад здатний безконтактним методом вимірювати температуру тіл. Розрізняють наступні види пірометрів:



Мал.27 Пірометр

1. *оптичний;*
2. *радіаційний;*
3. *фотоелектричні;*
4. *спектральні.*

Широке застосування оптичний пірометр получил в різних областях, наприклад : теплоенергетики та електроенергетики, нафтяної промисловості, космонавтиці, технологічних задачах, а також на будівництві він дуже поширений, його застосовують при аваріях на теплотрасах для знаходження пориву теплоізоляційної оболочки.



Основне призначення пірометрів — дистанційне визначення температури різних об'єктів. Частіше за все вони застосовуються там, де контактне вимірювання температури сповільнює технологічний процес або зовсім не представляється можливим, наприклад, в сталеливарний або нафтопереробній промисловості.

Також безконтактні вимірювачі температури отримали досить широке розповсюдження в галузі ЖКХ, будівництві та побуту. Їх застосування значно знижує травматичну загрозу виробництва (так як не потрібно близько підходити до розкаленого об'єкта) та збільшую продуктивність праці.

### **Література :**

1. Котов К.І., Шершевер М.А. Засоби вимірювання , контролю та автоматизації технологічних процесів.
2. Беленький А.П. Технічні засоби, контрольно – вимірювальні прилади.
3. Кухарчук В. В. Метрологія та вимірювальна техніка : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю, Долгополов В. П., Грумінська Л. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМВінниця, 2004. – 252 с. 48. Кухарчук В. В. Елемент
4. Головка Д. Б., Рего К. Г., Скрипник Ю. О. Основи метрології та вимірювань: Навчальний посібник. — К.: Либідь, 2001. — 408 с.
5. Курилов А. Ф. Теплотехнічні вимірювання і прилади : навч. посіб. / А. Ф. Курилов, В. М. Козін. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 189 с