

ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Питання:

1 Загальна класифікація видів тиску

2 Класифікація приладів для вимірювання тиску

2.1 Рідинні засоби вимірювання тиску

2.2 Деформаційні прилади для вимірювання тиску

2.3 Деформаційні вимірювальні перетворювачі

Розрізняють такі основні види тиску: *атмосферний, абсолютний, надлишковий і вакуум*

- ▣ **Атмосферний (барометричний) тиск (P_b)** — тиск, створюваний масою повітряного стовпа земної атмосфери. Він має змінне значення, що залежить від висоти місцевості над рівнем моря, географічної широти і метеорологічних умов.
- ▣ **Надлишковий тиск (P)** — різниця між абсолютним і барометричним тисками.
- ▣ **Абсолютний тиск (P_a)** — тиск, відлічений від абсолютного нуля. За початок відліку абсолютного тиску беруть тиск усередині посудини, з якої повністю видалене повітря. Абсолютний тиск P_a середовища може бути більшим або меншим атмосферного. У першому випадку абсолютний тиск дорівнює сумі атмосферного і надлишкового тисків:

$$P_a = P_b + P$$

У другому випадку абсолютний тиск менше атмосферного на величину вакуумметричного тиску, тобто

$$P_a = P_b - P$$

В окремому випадку, коли P або P_g дорівнює нулю, абсолютний тиск дорівнює атмосферному.

Вакуум (розрідження) (P_g)— різниця між барометричним і абсолютним тисками. Іноді вакуумметричний тиск виражають у вигляді відносної величини V у відсотках атмосферного тиску:

$$V = \frac{P_g}{P_b} \cdot 100$$

Повний тиск середовища, що рухається (P_{Π}), складається зі статичного (P_c) і динамічного (P_D) тисків:

$$P_{\Pi} = P_c + P_D$$

Динамічний тиск (P_D) (Па), що залежить від швидкості потоку (швидкісний напір) для рідини, а також для газу і пари при помірних швидкостях, визначається за формулою

$$P_D = \frac{v^2 \cdot \rho}{2}$$

▣де v – швидкість руху речовини, м/с;

▣ ρ – густина речовини, кг/м³.

Засоби вимірювання тиску класифікують за видом вимірювального тиску і принципом дії. За видом вимірювального тиску засоби вимірювання поділяють на такі:

- **манометри надлишкового тиску** — для вимірювання надлишкового тиску;
- **манометри абсолютного тиску** — для вимірювання тиску, відліченого від абсолютного нуля;
- **барометри** — для вимірювання атмосферного тиску.
- **вакуумметри** — для вимірювання вакууму (розрідження);
- **мановакуумметри** — для вимірювання надлишкового тиску і вакууму (розрідження).

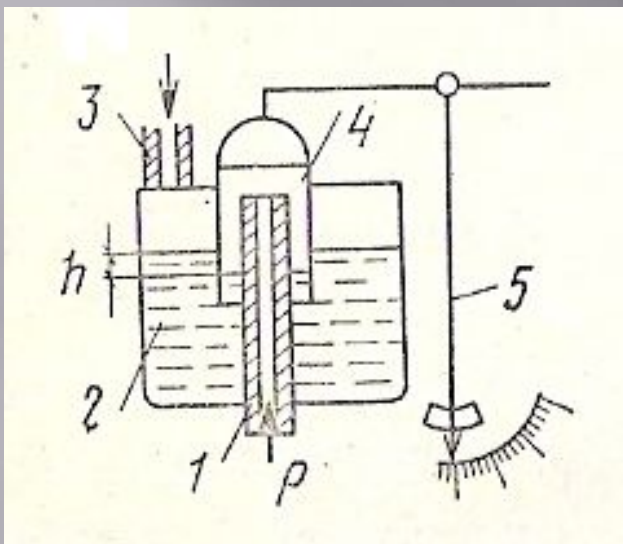
Крім перелічених засобів вимірювання у практиці вимірювання дістали поширення:

- **напороміри** — манометри малих надлишкових тисків (до 40 кПа);
- **тягоміри** — вакууметри з верхньою межею вимірювання не більше 40 кПа;
- **тягонапороміри** — мановакуумметри з діапазоном вимірювання від плюс 20 до мінус 20 кПа;
- **вакуумметри залишкового тиску** — вакуумметри, призначені для вимірювання глибокого вакууму або залишкового тиску, тобто абсолютних тисків менше 200 Па;
- диференційні манометри** — прилади вимірювання різниці тисків.

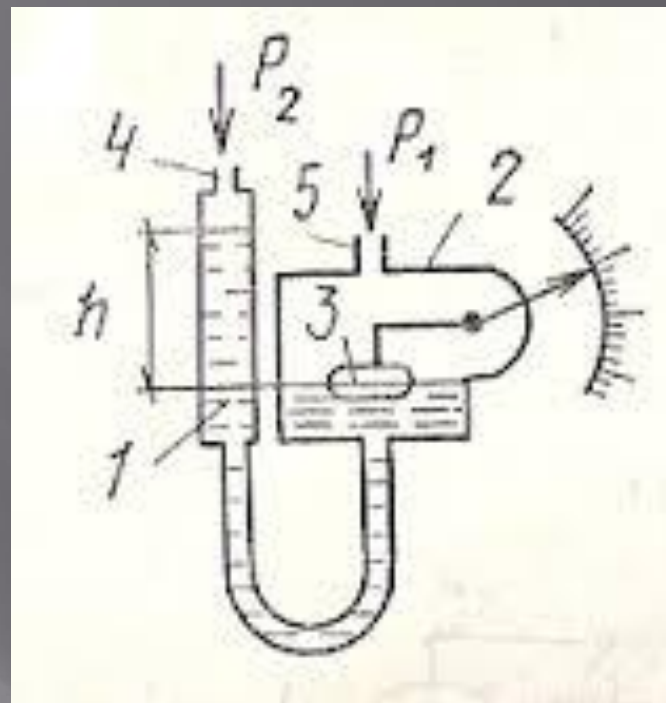
За принципом дії засоби вимірювання тиску поділяють на такі: рідинні, поршневі, деформаційні (*пружинні*), іонізаційні, теплові, електричні.

Рідинні засоби вимірювання тиску

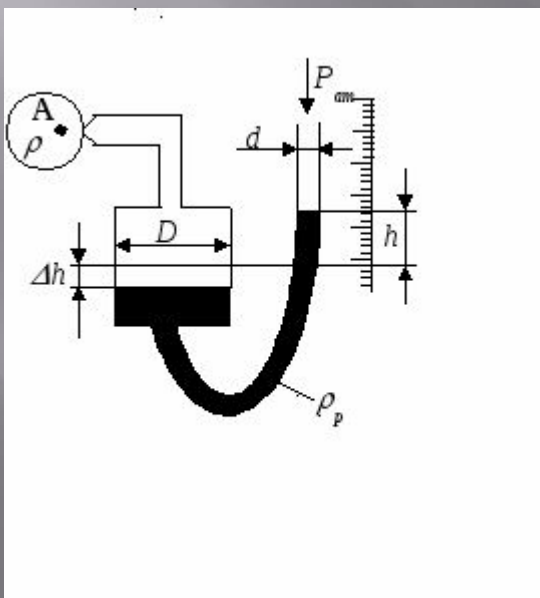
Для рідинних манометрів величиною, що характеризує вимірювальний тиск, є видима висота стовпа (рівня) рідини, який врівноважується, у скляній вимірювальній трубці. До приладів цього виду відносять *однотрубні* (чашкові) і *двотрубні* (U-подібні) манометри. До рідинних засобів вимірювання тиску (різниці тисків і розрідження) з гідростатичним зрівноважуванням, які ще застосовуються у технологічних процесах, відносять *поплавкові* і *дзвонові дифманометри*.



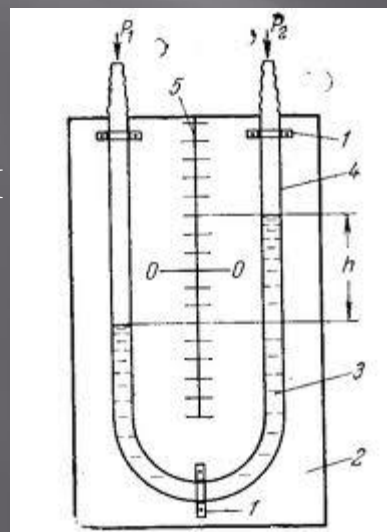
Дзвонковий манометр



Поплавковий манометр



Чашковий манометр



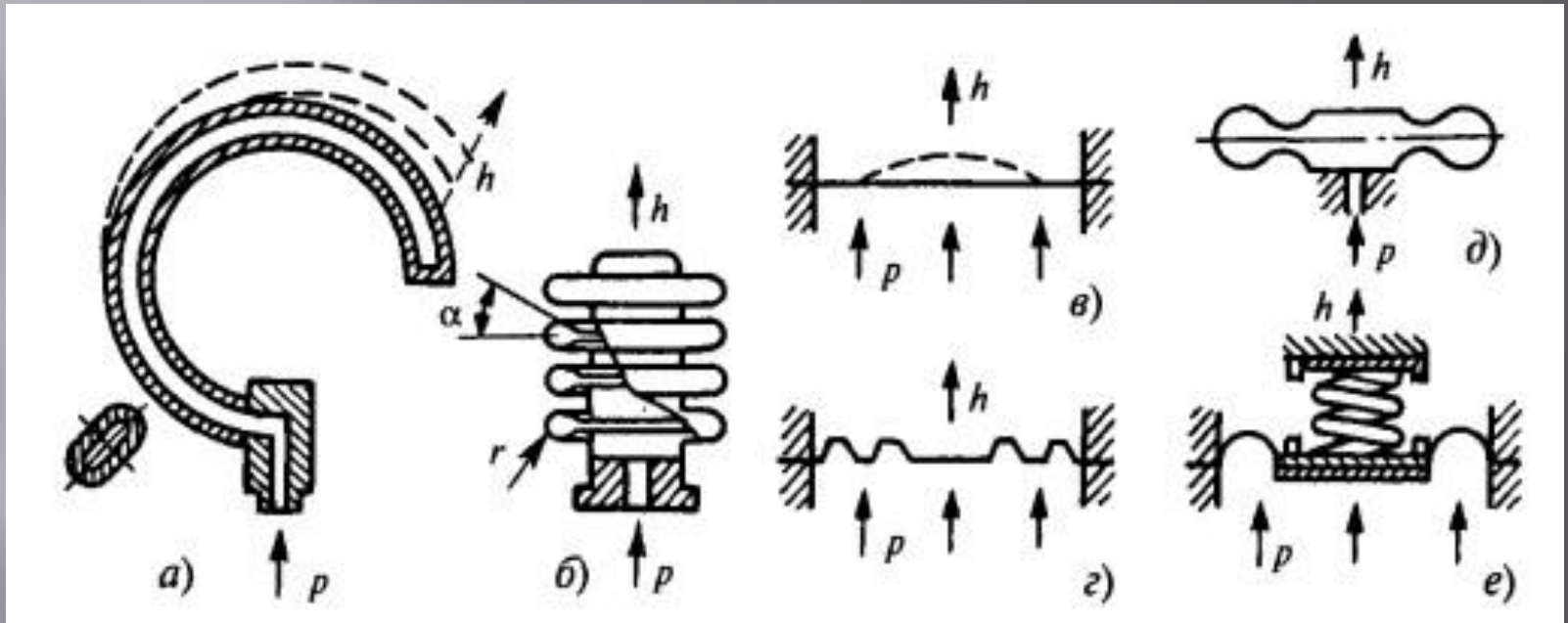
Двотрубний манометр

Деформаційні прилади для вимірювання тиску

У деформаційних манометрах використовується залежність деформації чутливого елемента або сили, що розвивається завдяки йому від вимірюваного тиску. Пропорційна тиску деформація або сила перетворюються в показання або відповідні зміни вихідного сигналу. Більшість деформаційних манометрів і дифманометрів містять пружні чутливі елементи, здійснюють перетворення тиску в пропорційне переміщення робочої точки .

Найбільш поширені пружні чутливі елементи представлені на рисунку. До їх числа відносяться трубчасті пружини, сільфони, плоскі і гофровані мембрани, мембранні коробки, м'яві мембрани з жорстким центром.

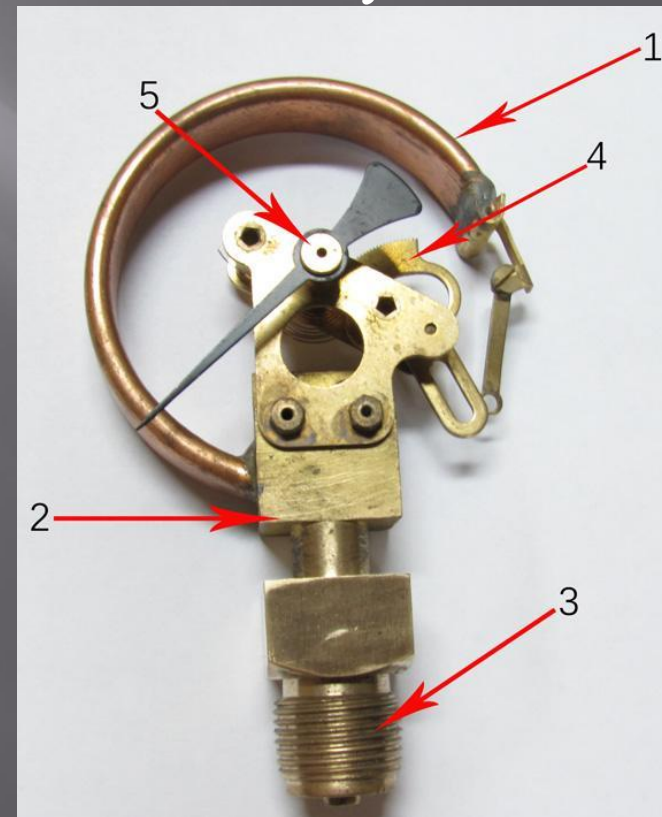
Пружні чутливі елементи деформаційних манометрів



а - трубчасті пружини; б - сильфони; в, г - плоскі і гофровані мембрани; д - мембранні коробки; е - м'які мембрани з жорстким центром

Вимірювальні прилади з одновитковою трубчастою пружиною призначені для вимірювання надлишкового тиску і розрідження неагресивних рідких і газоподібних середовищ. Прилади цього типу випускаються тільки показуючими у звичайному, вібростійкому, антикорозійному, вогне- і вибухозахищеному виконаннях.

Висока точність, простота конструкції, надійність і низька вартість є основними факторами, що обумовлюють велике поширення деформаційних приладів для вимірювання тиску в промисловості і наукових дослідженнях.



Чутливі елементи мають властивість пружної післядії, суть якого полягає в тому, що після припинення зміни тиску деформація продовжує зменшуватися, асимптотично наближаючись до межового значення. Поряд із пружною післядією при експлуатації чутливих елементів має місце залишкова деформація, яка полягає в тому, що після зняття тиску чутливий елемент не повертається у вихідне положення. При багаторазових вимірюваннях залишкова деформація накопичується, що приводить до значних похибок. Викладені особливості деформаційних чутливих елементів пояснюють той факт, що для технічних манометрів верхня межа вимірювання обмежується половиною тиску, що відповідає межі пропорційності статичної характеристики, у той час як для зразкових приладів межа вимірювання обмежується четвертою частиною тиску, що відповідає межі пропорційності.

Деформаційні вимірювальні перетворювачі

Вимірювальні перетворювачі тиску засновані на методі прямого перетворення, розрізняються як видом деформаційного чутливого елемента, так і способом перетворення його переміщення або зусилля, яке розвивається ним, у сигнал вимірювальної інформації. Для перетворення переміщення чутливого елемента в сигнали вимірювальної інформації широко застосовуються індуктивні, диференціально-трансформаторні, ємнісні, тензорезисторні і інші перетворювальні елементи.

Тензометричний метод

Чутливі елементи датчиків базуються на принципі зміни опору при деформації тензорезисторів, приклеєних до пружного елемента, який деформується під дією тиску.

П'єзорезистивний метод

Заснований на інтегральних чутливих елементах з монокристалічного кремнію. Кремнієві перетворювачі мають високу чутливість завдяки зміні питомої об'ємного опору напівпровідника при деформуванні тиском.

Ємнісний метод

Ємнісні перетворювачі використовують метод зміни ємності конденсатора при зміні відстані між обкладинками. Відомі керамічні або кремнієві ємнісні первинні перетворювачі тиску та перетворювачі, виконані з використанням пружної металевої мембрани. При зміні тиску мембрана з електродом деформується і відбувається зміна ємності.

Резонансний метод

В основі методу лежить зміна резонансної частоти коливного пружного елемента при деформуванні його силою або тиском. Це і пояснює високу стабільність датчиків і високі вихідні характеристики приладу . До недоліків можна віднести індивідуальну характеристику перетворення тиску , значний час відгуку, неможливість проводити вимірювання в агресивних середовищах без втрати точності показань приладу .

П'єзоелектричний метод

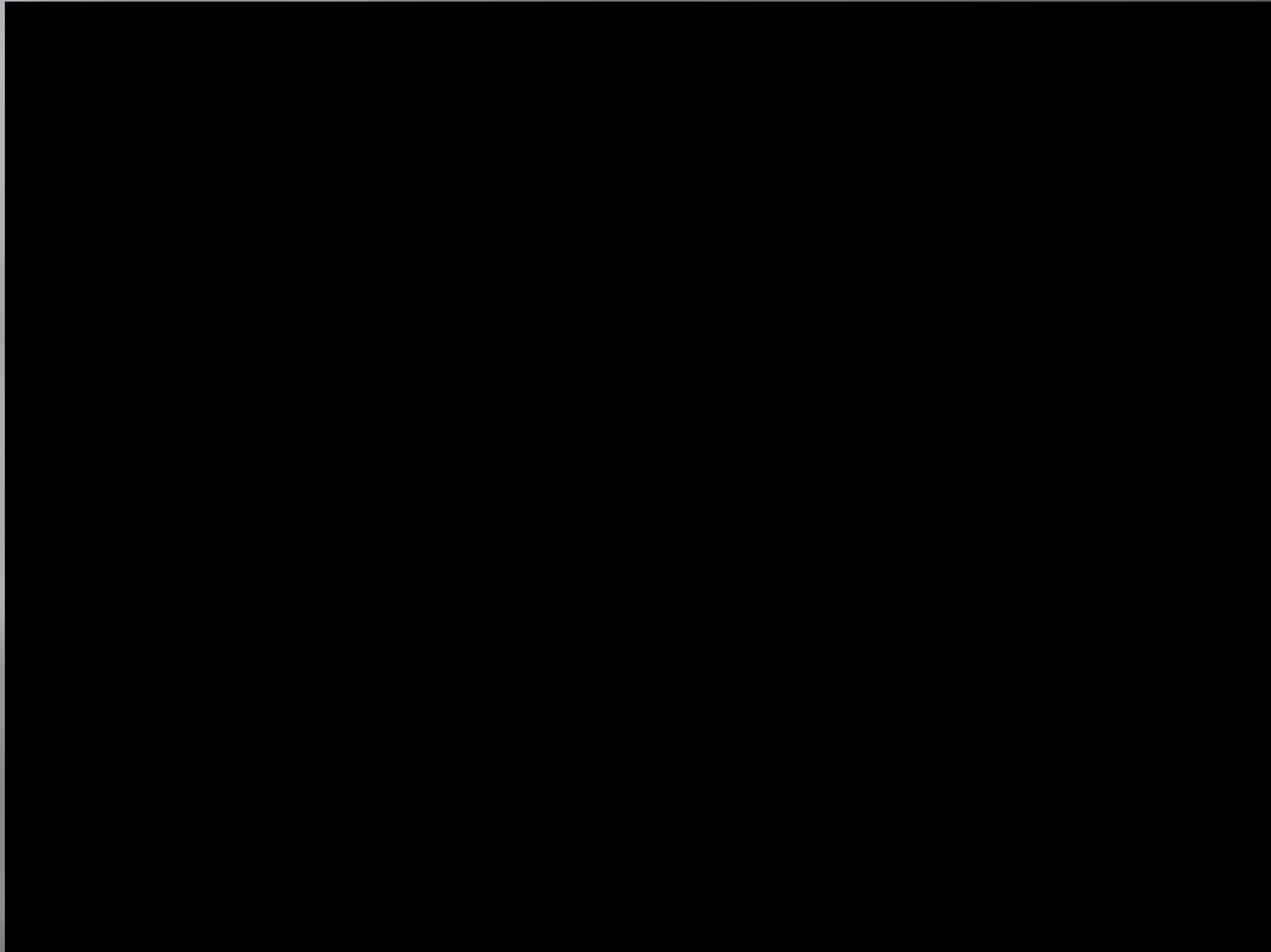
В основі лежить прямий п'єзоелектричний ефект, при якому пьезоелемент генерує електричний сигнал, пропорційний діє на нього силі або тиску. П'єзоелектричні датчики використовуються для вимірювання швидкозмінних акустичних і імпульсних тисків, володіють широкими динамічними і частотними діапазонами, мають малу масу і габарити, високу надійність і можуть використовуватися в жорстких умовах

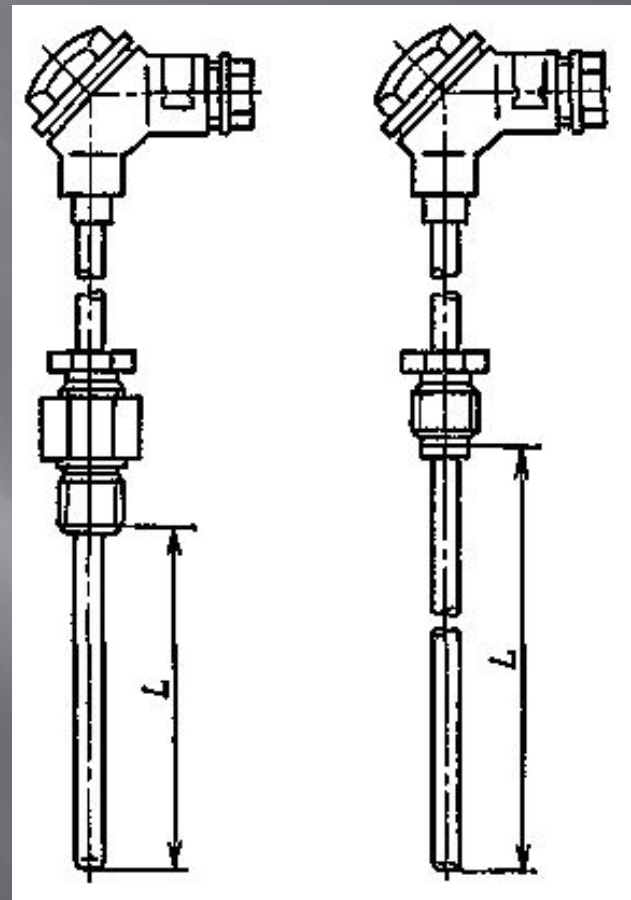
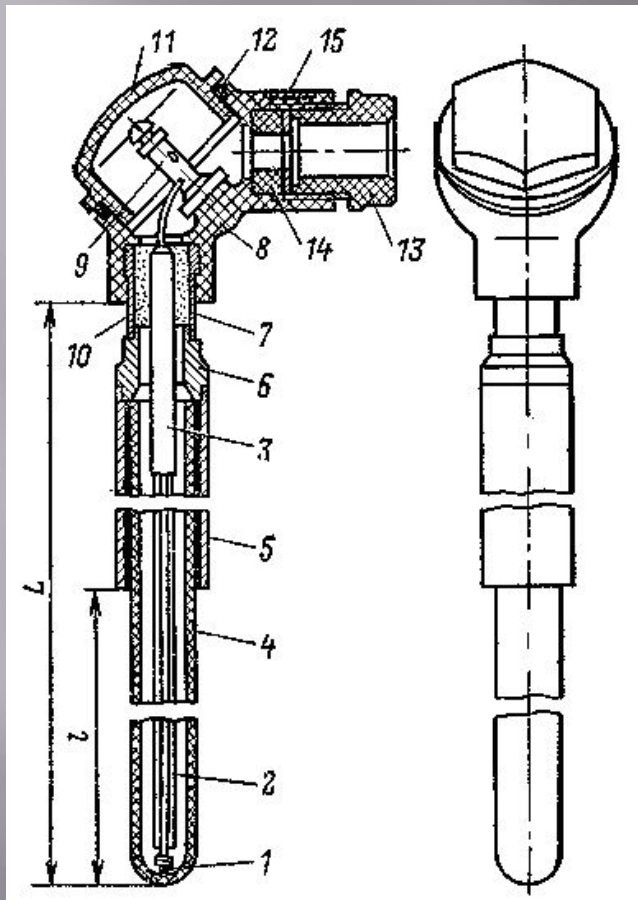
Для одержання порівняно високих значень термоерс вибір термоелектродів проводиться таким чином, щоб у парі із платиною один з них створював позитивну, а інший - негативну термоерс.

Термоелектричні термометри, що набули практичного застосування, поділяють за матеріалами термоелектродів на дві групи: із благородних (платина, платинородій) і неблагородних металів або сплавів (хром-алюмель, хромель-копелевий сплав). Термометри типів ТПП і ТПР із термоелектродами із благородних металів і сплавів застосовуються головним чином для вимірювання температури вище 1000°C , тому що вони мають високу термостійкість.

Термометри опору

Для вимірювання температури широкого застосування дістали термометри опору, дія яких заснована на зміні електричного опору металевих провідників залежно від температури. Метали, як відомо, збільшують при нагріванні свій опір. Отже, знаючи залежність опору провідника від температури і визначаючи цей опір за допомогою електровимірювального приладу, можна робити висновки про температуру провідника.





Термоелектричний термометр типу ТПІ (А) і ТХА (Б)

Кінцева межа вимірювань дровових термометрів опору, обумовлена стійкістю їх при нагріванні, дорівнює 650°C .

Перевагами термометрів опору є висока точність вимірювання, можливість одержання приладів з безнульовою шкалою на вузький діапазон температур, легкість здійснення автоматичного запису і дистанційної передачі показань і можливість приєднання до одного вторинного приладу за допомогою перемикача декількох однотипних термометрів. До недоліків цих приладів відносять потребу в сторонньому джерелі струму.

Пірометри

Пірометри застосовуються для вимірювання температури тіл у діапазоні від мінус 30 до плюс 6000⁰С. Дія цих приладів заснована на залежності теплового випромінювання нагрітих тіл від їх температури і фізико-хімічних властивостей. На відміну від термометрів первинний перетворювач пірометра не підпадає під вплив високої температури і не змінює температурне поле, тому що перебуває поза вимірювальним середовищем.

Оптичні пірометри широко застосовуються в лабораторних і виробничих умовах для вимірювання температур вище 800°C . Принцип дії оптичних пірометрів заснований на порівнянні спектральної яскравості тіла зі спектральною яскравістю градуйованого джерела випромінювання. Як чутливий елемент, що визначає збіг спектральних яскравостей у візуальних оптичних пірометрах, служать очі людини. Найпоширенішим є оптичний пірометр зі зникаючою ниткою, схема якого наведена на рисунку. Для вимірювання температури об'єктів приладу спрямовується на об'єкт вимірювання так, щоб спостерігач на його фоні побачив в окулярі 7 нитку оптичної лампи 4.

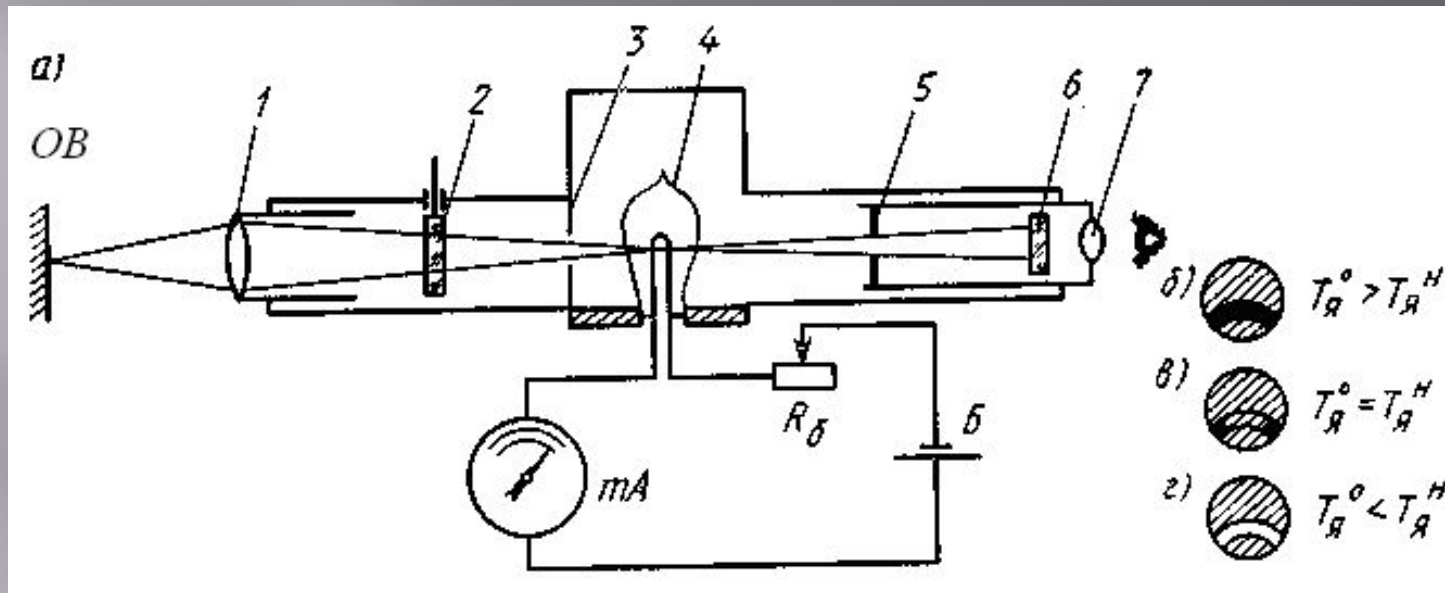
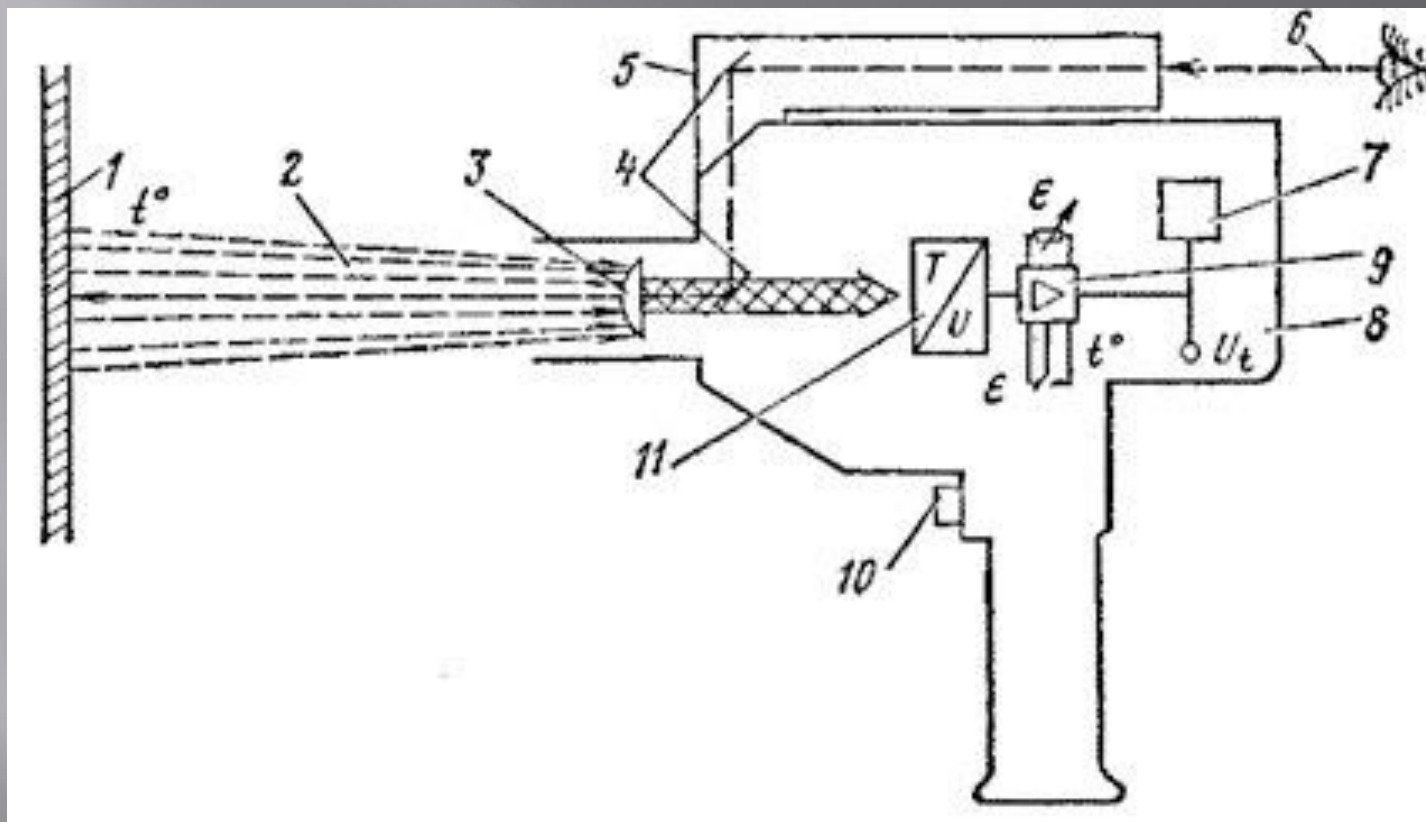


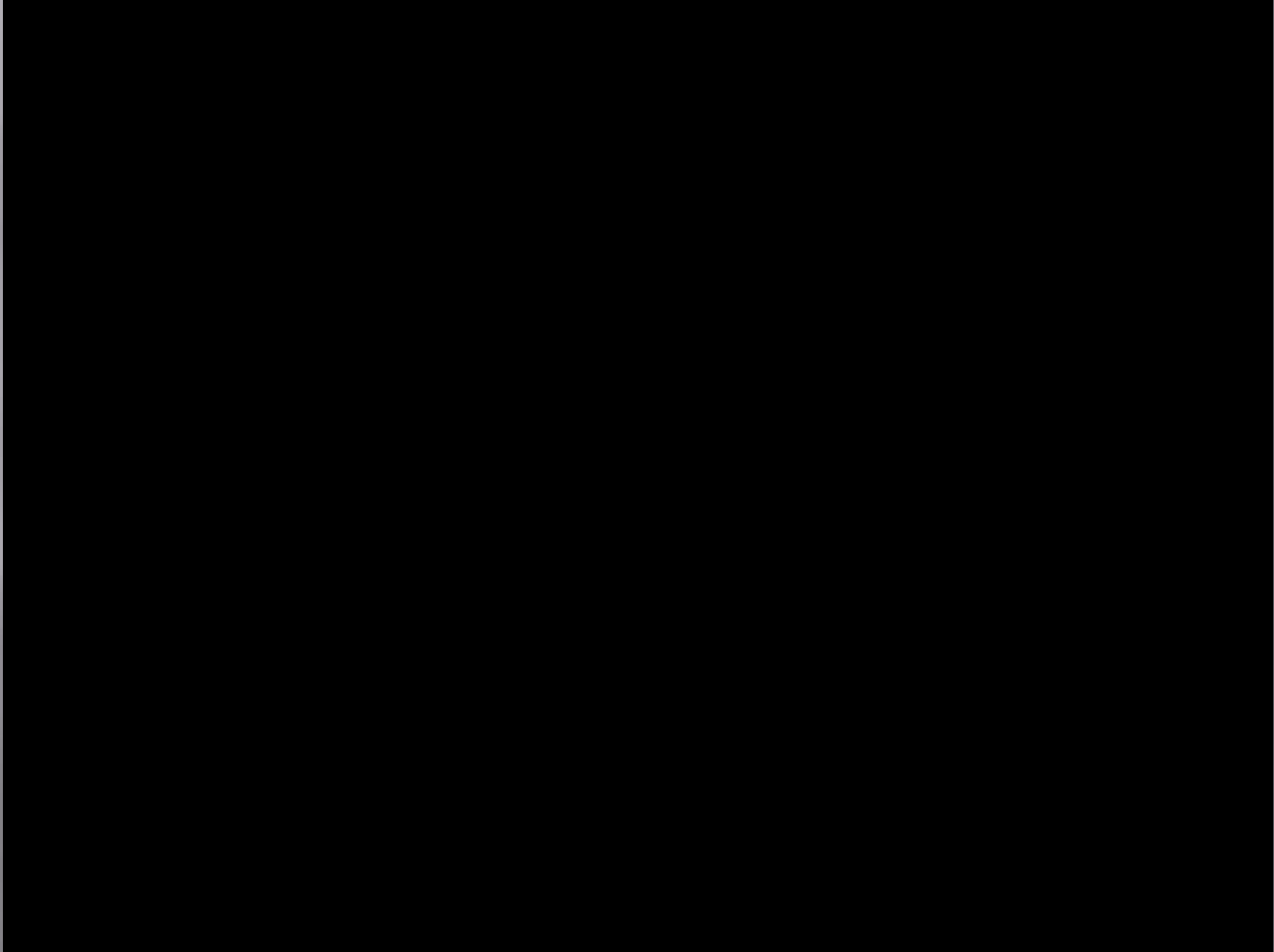
Схема візуального оптичного пірометра

Перевагами оптичних пірометрів є порівняно висока точність вимірювання, компактність приладу і простота роботи з ними. До недоліків варто віднести потребу в джерелі живлення, неможливість стаціонарного вимірювання температури і автоматичного її запису, а також суб'єктивність методу вимірювання, заснованого на спектральній чутливості очей спостерігача.



Будова інфрачервоного пірометра

1 - об'єкт вимірювання; 2 - теплове випромінювання;
 3 - оптична система; 4 - дзеркало; 5 - видошукач; 6 - вісь
 видошукача; 7 - вимірювально-лічильний пристрій; 8 -
 корпус; 9 - електронний перетворювач; 10 - кнопка; 11 -
 датчик



Загальний вигляд пірометрів

