

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Національний університет цивільного захисту України  
Кафедра автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Начальник кафедри АСБтаІТ  
Роман ШЕВЧЕНКО

Навчальна дисципліна  
СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ  
ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Лекція № 7  
**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ ДЛЯ  
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ, ТИСКУ, РІВНЯ, ВИТРАТ, ЩІЛЬНОСТІ,  
АНАЛІЗУ СКЛАДУ ГАЗІВ**

Лекцію розробив:  
Доцент кафедри АСБтаІТ

Вячеслав ДУРЄЄВ

ХАРКІВ 2024

| Зміст  | проведення                                  |                 |                       |              | лекції           |
|--------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|------------------|
| План   |                                             |                 |                       |              | заняття.         |
| 1.     |                                             |                 |                       |              | Вступ            |
| 2.     | Методи                                      |                 | вимірювання           |              | температури      |
| 2.1.   | Контактні                                   |                 | вимірювачі            |              | температури      |
|        | 2.1.1.                                      | Термометри      |                       |              | розширення       |
|        | 2.1.2.                                      | Манометричні    |                       |              | термометри       |
|        | 2.1.3.                                      | Термоелектричні |                       |              | термометри       |
|        | 2.1.4.                                      | Термометри      |                       |              | опору            |
| 2.2.   | Неконтактні                                 |                 | вимірювачі            |              | температури      |
| 2.2.1. |                                             |                 | Яркисні               |              | пірометри        |
| 2.2.2. |                                             |                 | Радіаційні            |              | пірометри        |
| 3.     | Поняття                                     | тиск,           | одиниці               | виміру       | тиску            |
| 3.1.   | Принципи                                    |                 | вимірювання           |              | тиску            |
| 4.     | Принципи                                    |                 | виміру                |              | рівня            |
| 5.     |                                             |                 | Принципи              | виміру       | витрат           |
| 6.     | Принципи                                    |                 | роботи                |              | газоаналізаторів |
| 6.1.   |                                             |                 | Механічний            |              | газоаналізатор.  |
| 6.2.   |                                             |                 | Теплові               |              | газоаналізатори  |
| 6.2.1. |                                             |                 | Термокондуктометричні |              | газоаналізатори  |
| 6.2.2. |                                             |                 | Термохімічні          |              | газоаналізатори  |
| 6.3.   |                                             |                 | Магнітні              |              | газоаналізатори  |
| 6.4.   |                                             |                 | Оптичні               |              | газоаналізатори  |
| 6.4.1. | Газоаналізатори                             | і-ч             | та                    | ультрафіолет | поглинання.      |
| 6.5.   |                                             |                 | Хроматографічні       |              | газоаналізатори  |
| 6.6.   | Приклади                                    |                 | технічної             | реалізації   | газоаналізаторів |
| 6.7.   | Умови                                       | роботи          | і                     | правила      | розташування     |
| 7.     | Принципи                                    |                 | виміру                |              | щільності        |
| 8.     | Висновки, урахування впливу воєнного стану. |                 |                       |              | речовини         |

# **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 була 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 димовиділення СДВ;
- автоматичні установки пожежогасіння АУПГ;
- системи пожежної сигналізації СПС.

Виміри бувають:

**Прямі** - безпосередньо оцінюється фізична величина.

**7 основних одиниць виміру (системи СІ):**

- довжина — метр; (метр — шлях, що пройде світло в вакуумі за  $1/299792458$  сек)
- маса — кілограм;
- час — секунда;
- сила струму — ампер;
- температура — Кельвін (Цельсій);
- сила світла — кандела;
- кількість речовини — моль.

2.

## МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

## Одиниці виміру температури:

1 градус Кельвіна, К

1 градус Цельсия,  $^{\circ}\text{C} = 1\text{К}$

1 градус Фаренгейта,  $^{\circ}\text{F} = 0,55555556\text{К}$

Fahrenheit to Celsius formula

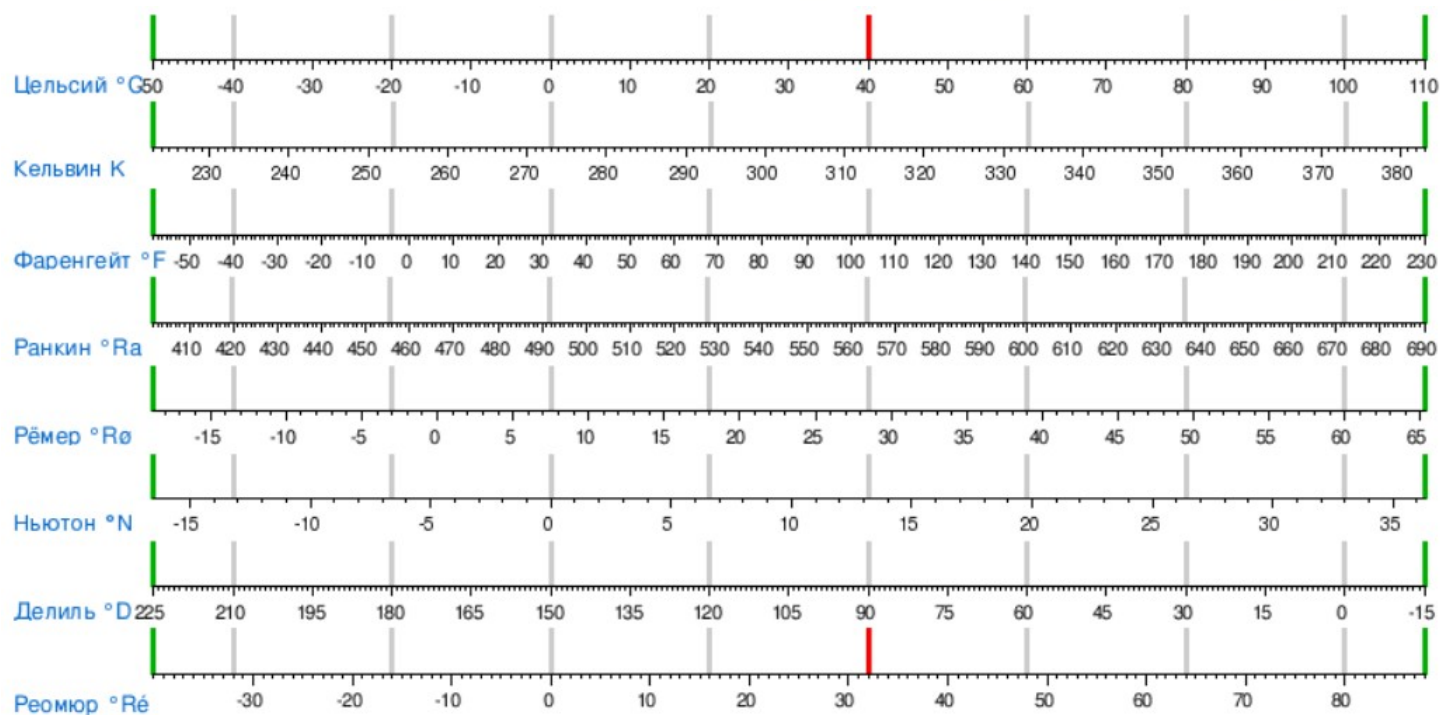
$$F = C \cdot \frac{9}{5} + 32$$

Celsius to Fahrenheit formula

$$C = (F - 32) \cdot \frac{5}{9}$$



|                                                                       | ◆ Кельвин ◆ | Градус Цельсия ◆          | Градус Фаренгейта ◆ |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------|---------------------|
| Абсолютный ноль                                                       | 0 K         | -273,15 °C                | -459,67 °F          |
| Температура кипения жидкого азота                                     | 77,4 K      | -195,8 °C <sup>[7]</sup>  | -320,3 °F           |
| Сублимация (переход из твёрдого состояния в газообразное) сухого льда | 195,1 K     | -78 °C                    | -108,4 °F           |
| Точка пересечения шкал Цельсия и Фаренгейта                           | 233,15 K    | -40 °C                    | -40 °F              |
| Температура плавления льда                                            | 273,1499 K  | -0,0001 °C <sup>[8]</sup> | 31,99982 °F         |
| Тройная точка воды                                                    | 273,16 K    | 0,01 °C                   | 32,018 °F           |
| Нормальная температура человеческого тела <sup>[9]</sup>              | 310 K       | 36,6 °C                   | 97,9 °F             |
| Температура кипения воды при давлении в 1 атмосферу (101,325 кПа)     | 373,1339 K  | 99,9839 °C <sup>[8]</sup> | 211,971 °F          |



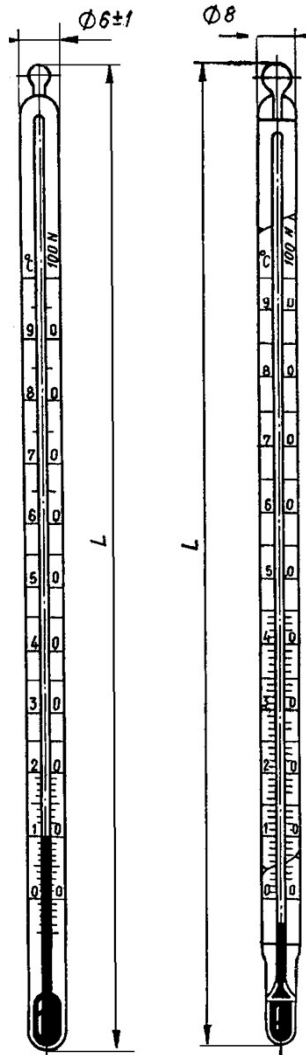
$$40\text{ °C} = 313,15\text{ K} = 104\text{ °F} = 563,67\text{ °Ra} = 28,5\text{ °Rø} = 13,2\text{ °N} = 90\text{ °D} = 32\text{ °R}$$

## 2.1. КОНТАКТНІ ВИМІРЮВАЧІ ТЕМПЕРАТУРИ

### 2.1.1. ТЕРМОМЕТРИ РОЗШИРЕННЯ

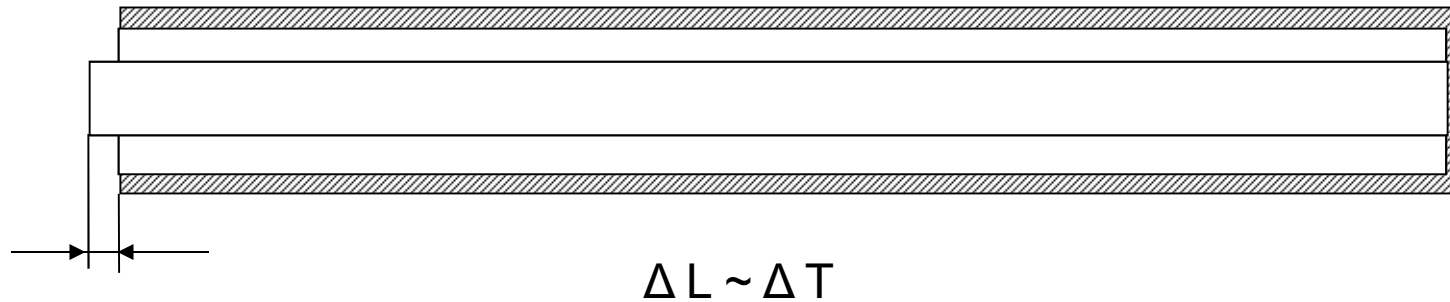
## СКЛЯННІ РІДИННІ ТЕРМОМЕТРИ

У рідинних вимірниках температури використовується залежність об'єму рідини від температури (спирт, ртуть, лігроїн)



## ДИЛАТОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

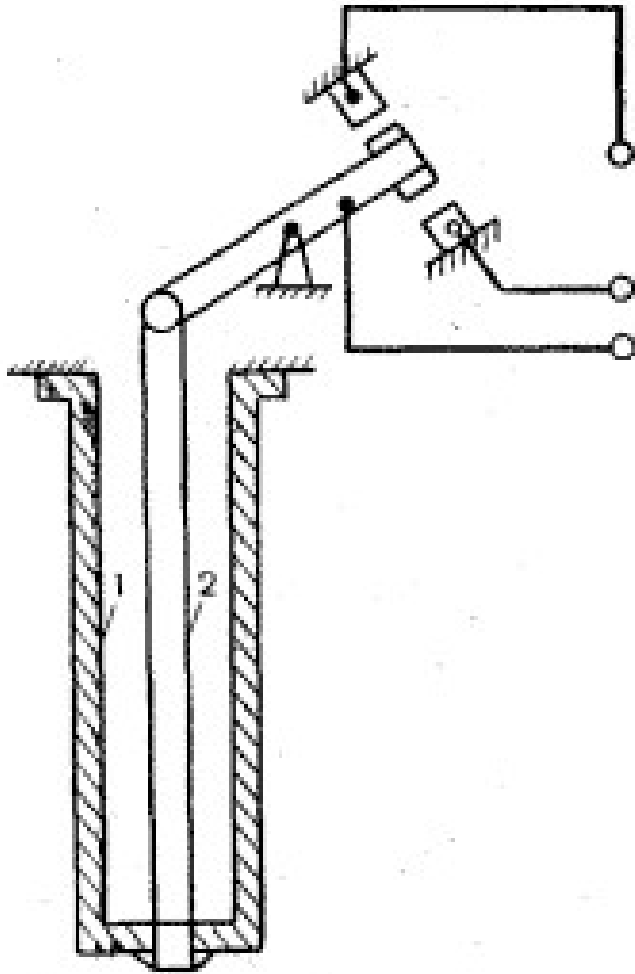
Всі матеріали розширюються при збільшенні температури. При цьому коефіцієнт лінійного розширення залежить природи матеріалу.



Якщо узяти два стрижні однакової довжини в нормальних умовах, то при зміні температури довжина стрижнів буде змінюватися.

Знаючи коефіцієнт лінійного розширення використовуваних матеріалів і різницю в довжині стрижнів можна обчислити вимірювану температуру.

## ДИЛАТОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

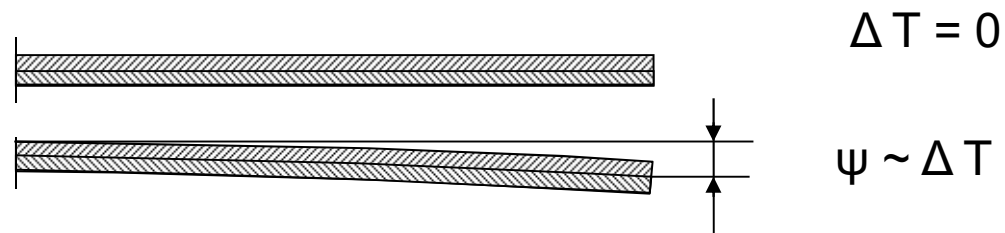


1- трубка з металу з великим коефіцієнтом температурного розширення;

2 - стержень з металу з малим коефіцієнтом температурного розширення (з інвару).

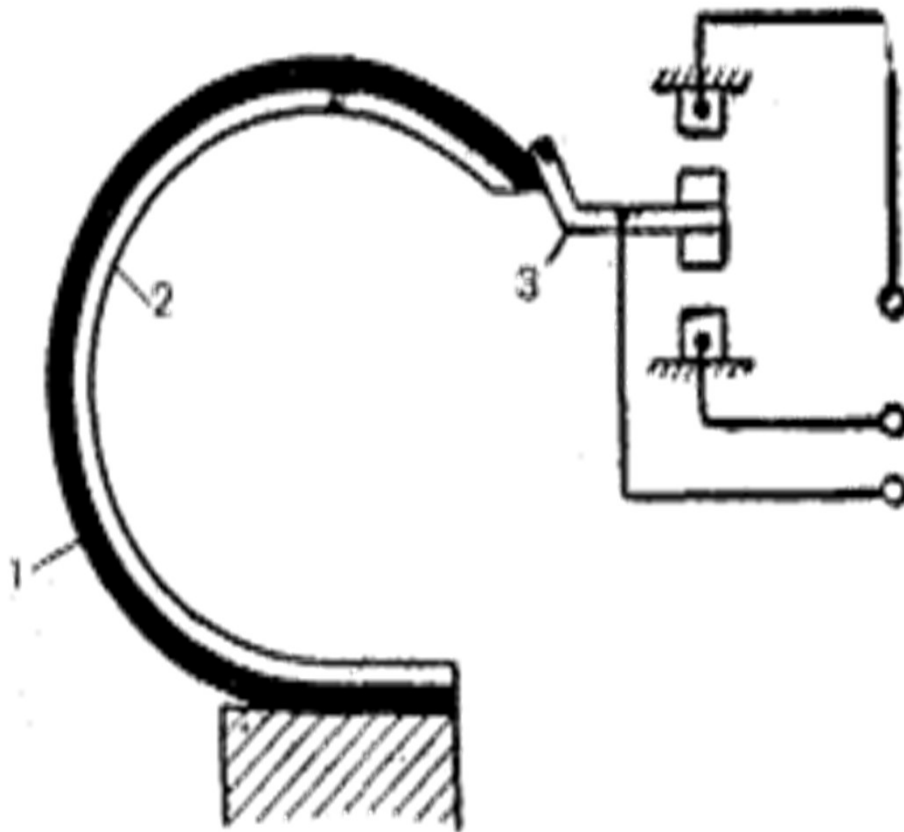
## БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОМЕТРИ

Якщо різні пластини спаяти між собою, то при збільшенні температури система згинатиметься у бік пластини з меншим коефіцієнтом лінійного розширення.



Дилатометричні і біметалічні датчики температури можуть застосовуватися в різного роду термореле, для замикання контактів досягши заданого рівня температури.

## БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОМЕТРИ



1,2 - штаби (полоски)  
металів з різним  
коефіцієнтом  
температурного  
розширення;

3—тримач рухомого  
контакту

## 2.1.2. МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

У манометричних вимірниках температури використовується залежність тиску газу від температури

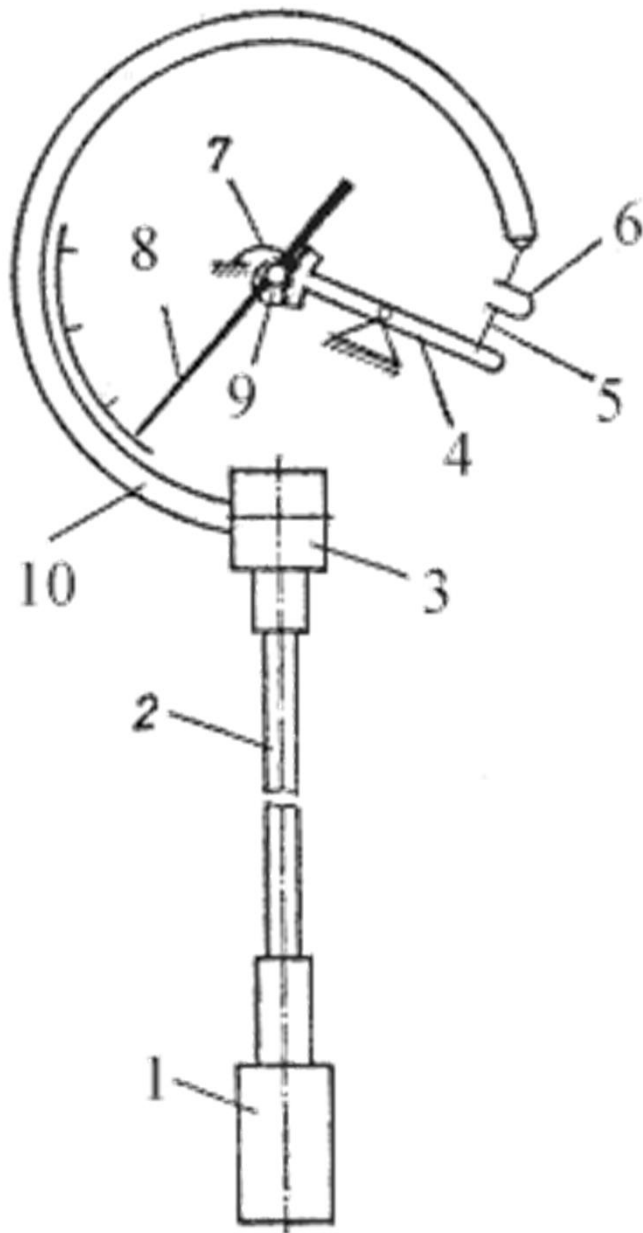


$$P_T = P_0 \cdot (1 + \beta T)$$

$$\beta = 1/273 \quad - \text{температурний коефіцієнт розширення газу}$$



## МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ



1—термобалон;

2 – капіляр;

3 – утримувач;

4 – сектор;

5 – поводок;

6 – компенсатор;

7 – спіральний волосок;

8 – вказуюча стрілка;

9 – трубка;

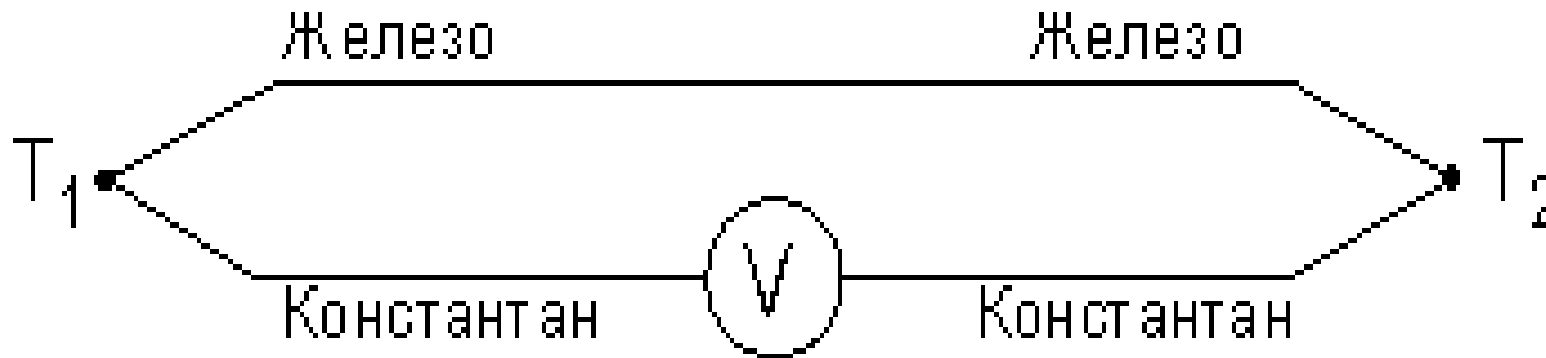
10 – манометрична пружина

## МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

| Тип термометру             | Діапазон вимірів, °C | Робоча речовина                                                                                                                                                     | Довжина капіляру, м |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Газові<br>ТГП, ТГС, ТГ     | -150<br>÷ 600        | азот, аргон                                                                                                                                                         | 0,6 –<br>60         |
| Рідинні<br>ТПЖ, ТЖС,<br>ТЖ | -150<br>÷ 300        | пропіловий спирт,<br>метаксилол, ртуть,<br>поліметилсилоксанова<br>рідина                                                                                           | до 10               |
| Конденсаційні<br>ТКП, ТПП  | -50 ÷ 300            | пропілен (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ), фреон–<br>22 (CHF <sub>2</sub> Cl), хлористій<br>метил (CH <sub>3</sub> Cl), ацетон<br>(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O) | до 25               |

### 2.1.3. ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Принцип дії термопар заснований на ефекті Зєєбека (1824г) – здатність спаїв різнорідних металів створювати електрорушійну силу



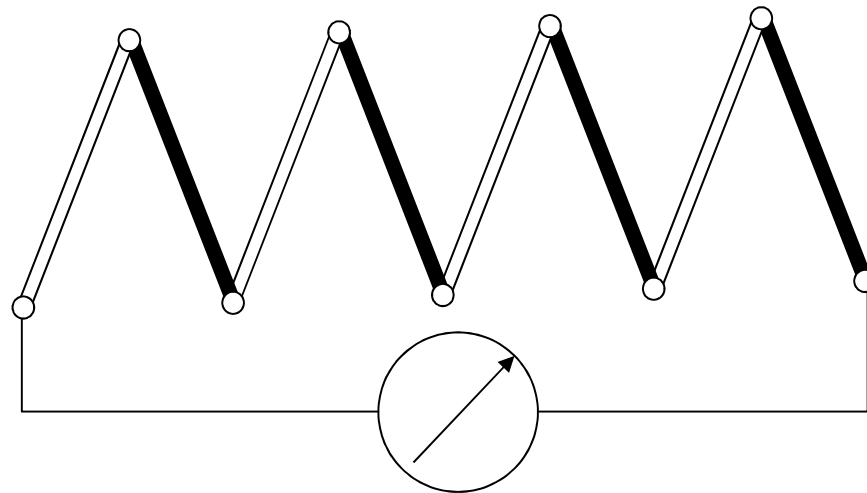
Якщо температури спаїв розрізняються, то в ланцюзі з'являється електрорушійна сила:

$$E(t) = S(t_1 - t_2)$$

S - коефіцієнт Зєєбека.

Для підвищення потужності вихідного сигналу можуть використовуватися декілька термопар включених послідовно.

Такий комплект з термопар називається батареєю.



Батарея термопар

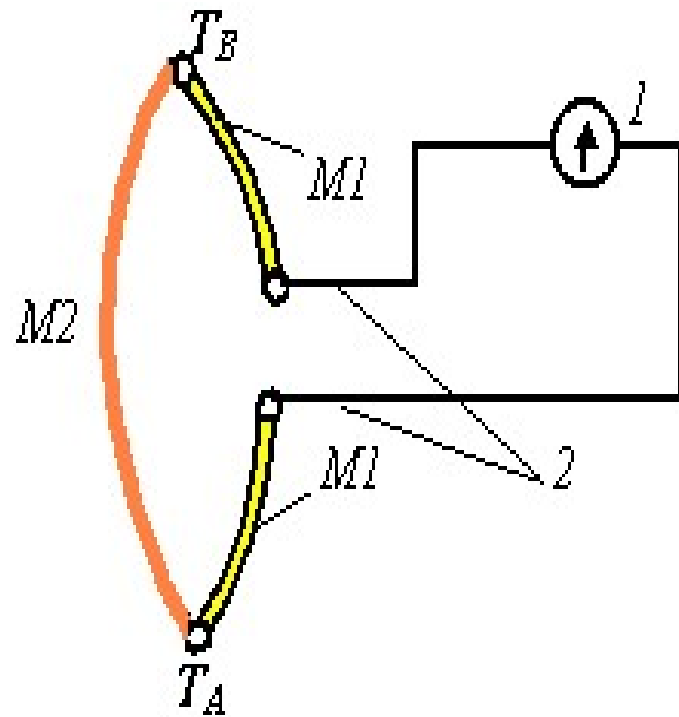


Схема включення ТП  
з термостатованим  
контактом

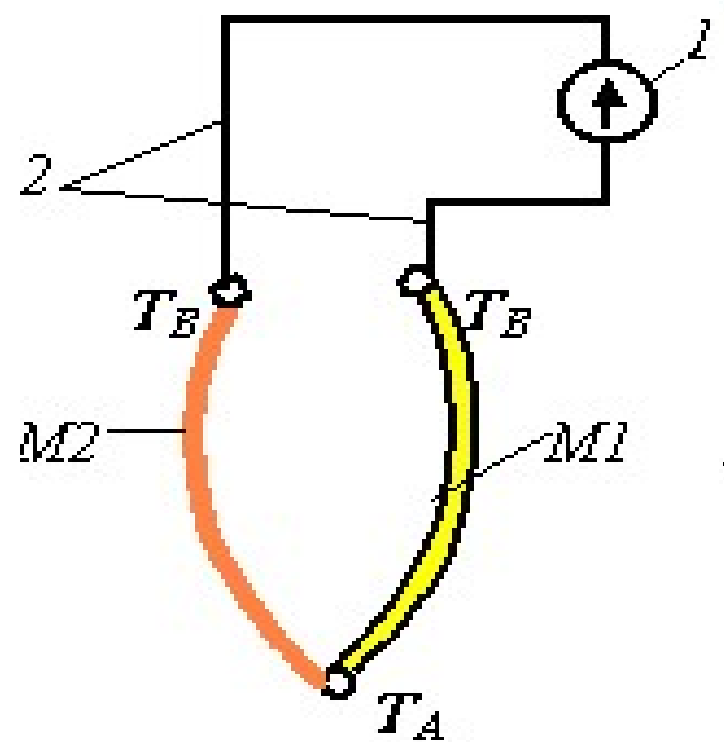
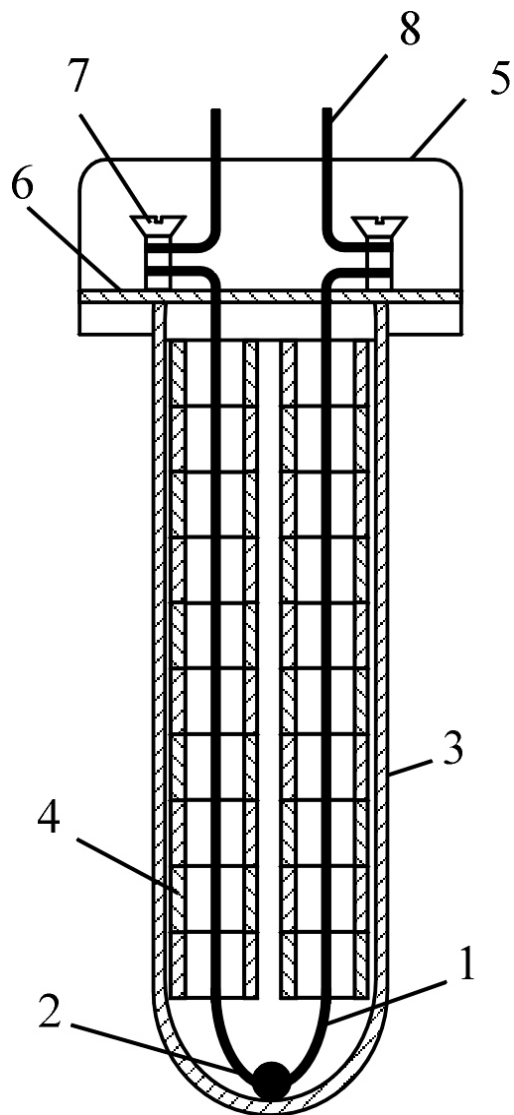


Схема включення ТП  
з нетермостатованим  
контактом



- 1-Термоелектроди;
- 2- Спай;
- 3- Захисний чохол;
- 4- Ізоляційні намиста;
- 5- Головка термометру;
- 6- Колодка;
- 7- Затиски;
- 8- Термоелектроди і сполучні проводи.

| Тип термопар | Діапазон вимірів, °С | Матеріал               |
|--------------|----------------------|------------------------|
| ХА           | –300 ÷ 1300          | хромель–алюмель        |
| ХК           | –50 ÷ 800            | хромель – копель       |
| ПП           | 0 ÷ 1600             | платинородий – платина |
| ПР           | 0 ÷ 1800             | платинородієві         |
| ВР           | 0 ÷ 2500             | вольфрамренієві        |

Хромель: Ni (89÷91)% + Cr (8,7÷10)%  
примеси: Si, Cu, Mn, Co

Алюмель: Ni (93÷96)% + Al (1,8÷2,5)% +  
+ Mn (1,8÷2,2)% + +Si (0,8÷1,2)%

Копель: Ni (42,5÷44)% + Fe 0,15 % +  
+Mn (0,1÷1,0)% + решта Cu



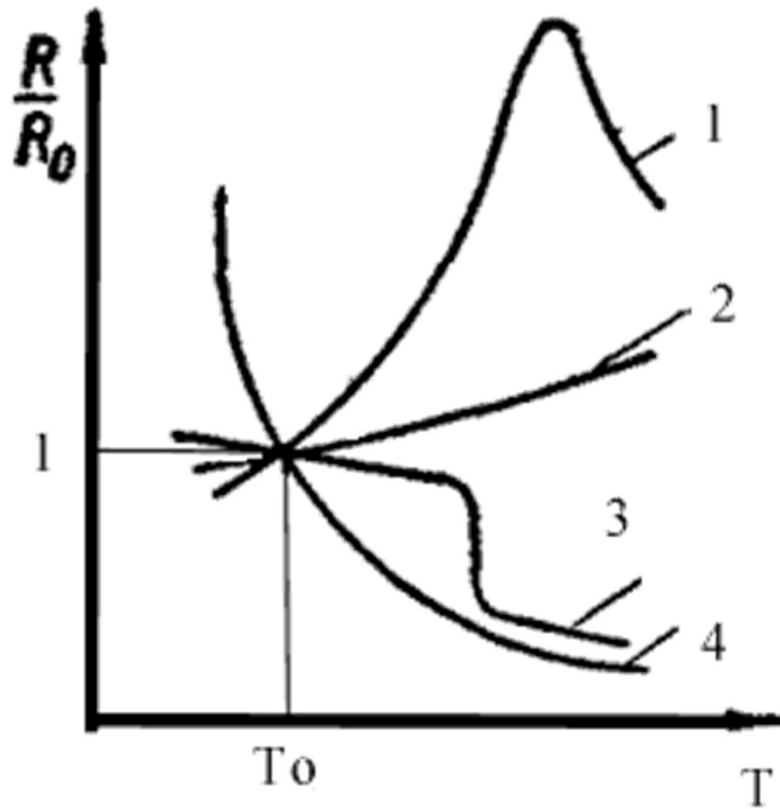
### Переваги термопар:

- великий температурний діапазон виміру;
- вимір високих температур до 1800—2200 °С.

### Недоліки:

- точність більше 1 °С важко досягти;
- на свідчення впливає температура вільних кінців, на яку необхідно вносити поправку.

#### 2.1.4. ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ

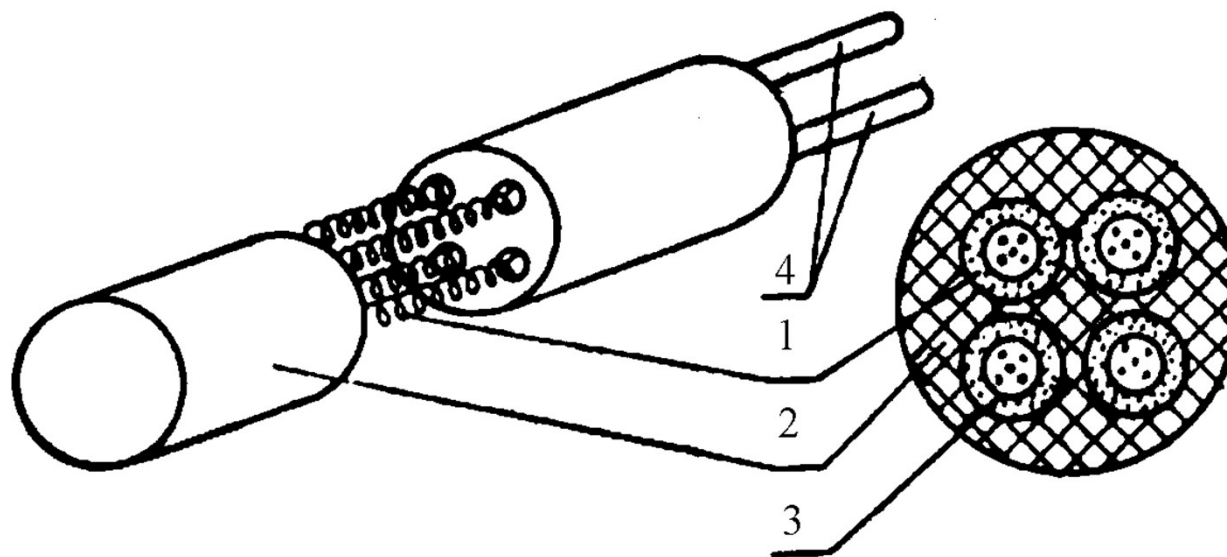


1 - позистори

2 - метали

3 - електроліти

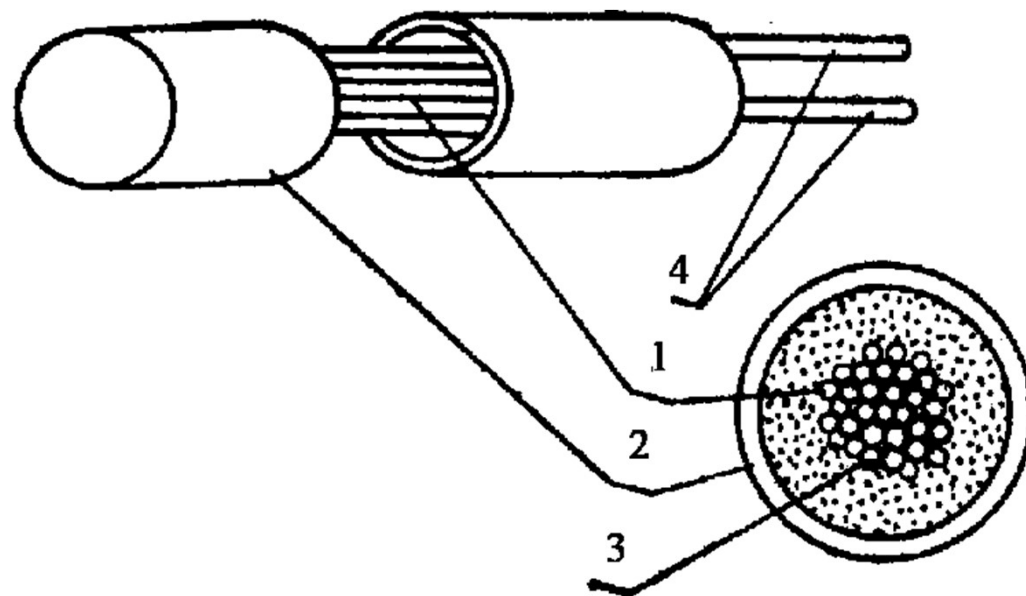
4 - термістори



Платиновый чувливий элемент:

1 - спираль; 2 - каркас; 3 - порошок;

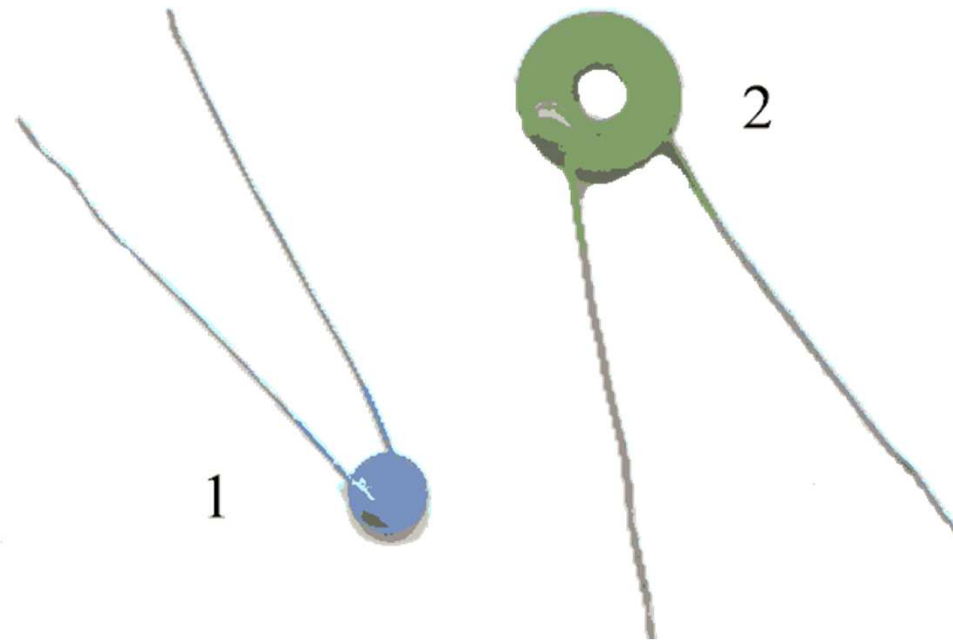
4 - контакты



Мідний чутливий елемент:

1 - моток; 2 - металева гільза; 3 - порошок;

4 - контакти



1 - позистори (позитивний ТКО)

2 - термістори (негативний ТКО)

## 2.2. НЕКОНТАКТНІ ВИМІРЮВАЧІ ТЕМПЕРАТУРИ

Для виміру температури **безконтактним методом**, застосовують **пірометри**

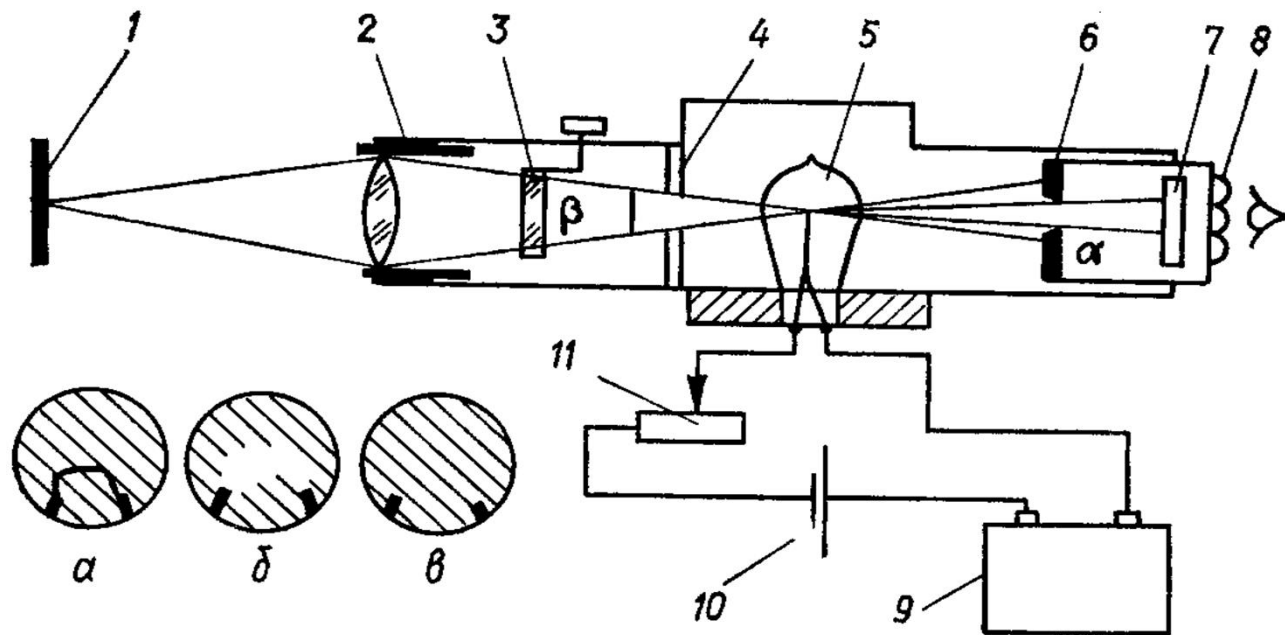
для виміру температури тіл, нагрітих вище 600 °С (для виміру температури при виплавці металів в печах і домнах).

За принципом дії, пірометри поділяються на:

- ярісні;
- радіаційні;
- колірні.

### 2.2.1. ЯРКІСНІ ПІРОМЕТРИ (ОПТИЧНІ)

Через оптичну систему порівнюють яскравість свідчення об'єкту і еталону (вольфрамовій ниті). При збігу яскравості (нитка зникає на тлі об'єкту) вважають, що температура об'єкту і еталону однакова.



1- випромінювач, 2- лінза об'єктиву, 3- поглинаюче скло, 4,6- діафрагма, 5- пирометрична лампа, 7- червоний фільтр, 8- окуляр, 9- показуючий прилад, 10- джерело струму, 11- реостат.

## Оптичний пірометр Промінь М-1





### 2.2.2. РАДІАЦІЙНІ ПІРОМЕТРИ

Тепловий потік, що поступає через лінзу приладу, потрапляє на термометр опору, термопару і вимірюється потужність теплового випромінювання, яка перераховується в температуру.



ПВ-6



4ПМ1

3

Поняття тиск, одиниці виміру тиску

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

За одиницю виміру тиску в SI прийнятий тиск, що створює сила  $1\text{ Н}$  на перпендикулярну до неї поверхню площею  $1\text{ м}^2$ . Ця одиниця називається Паскалем.

$$1\text{ Па} = 1\text{ Н м}^{-2}$$

# Взаємозв'язок системних та несистемних одиниць виміру тиску

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

*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.

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:

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



### 3.1. ПРИНЦИПИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Манометри умовно поділяються

- вакуумметри ;
- напорометри (надл до 0.04 МПа);
- тягометри (розрідж до 0.04 МПа);
- тягонапорометри;
- диференційні манометри.



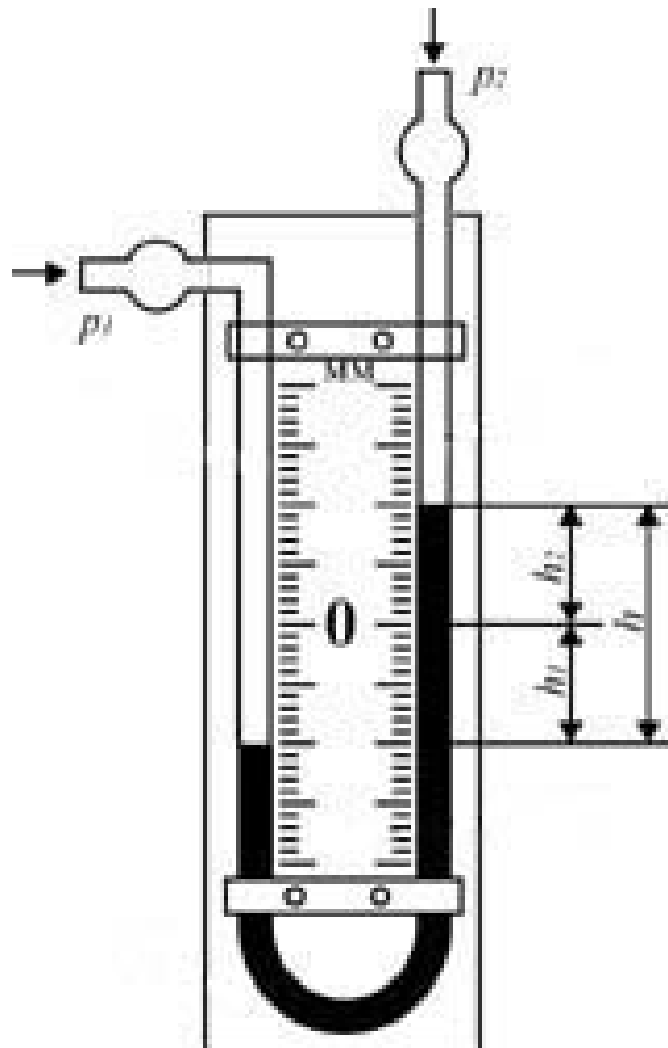
## За принципом перетворення:

- рідинні;
- деформаційні;
- грузопоршневі;
- електричні;
- іонізаційні;
- теплові.

## Рідинні манометри

- двотрубні рідинні манометри;
- однотрубні рідинні манометри;
- мікроманометри.

# Двотрубний рідинний манометр



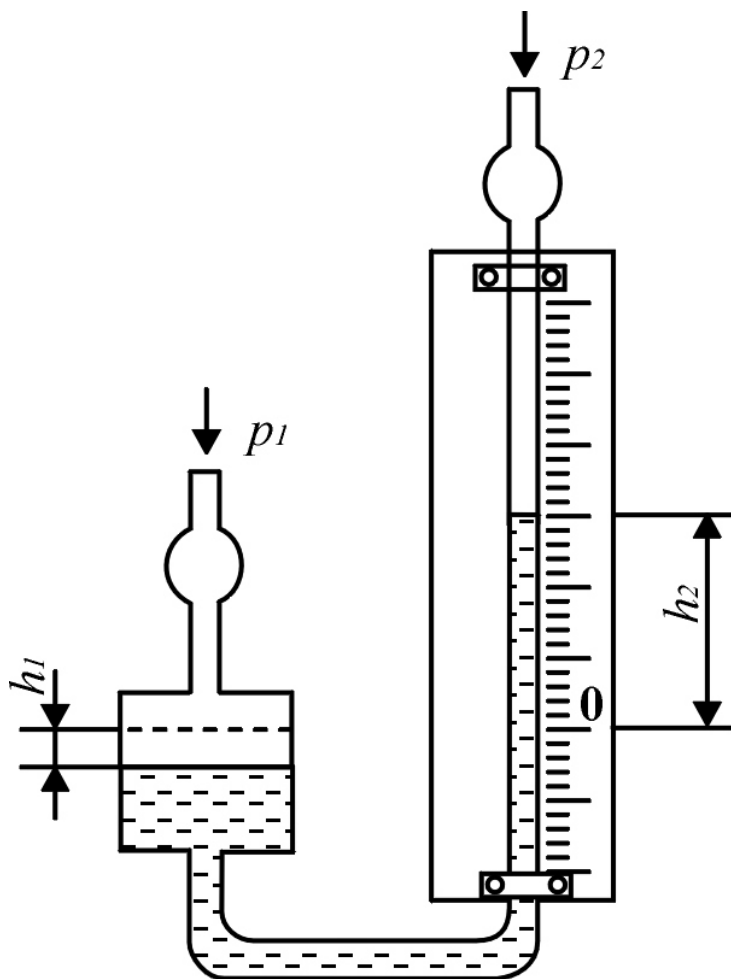
1,2 - скляні трубки

3 - дерев'яна або металева  
основа

4 - шкальна пластина

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

# Однотрубний (чашечні) рідинний манометр



$F$  - площа поперечного перерізу  
широкого сосуду

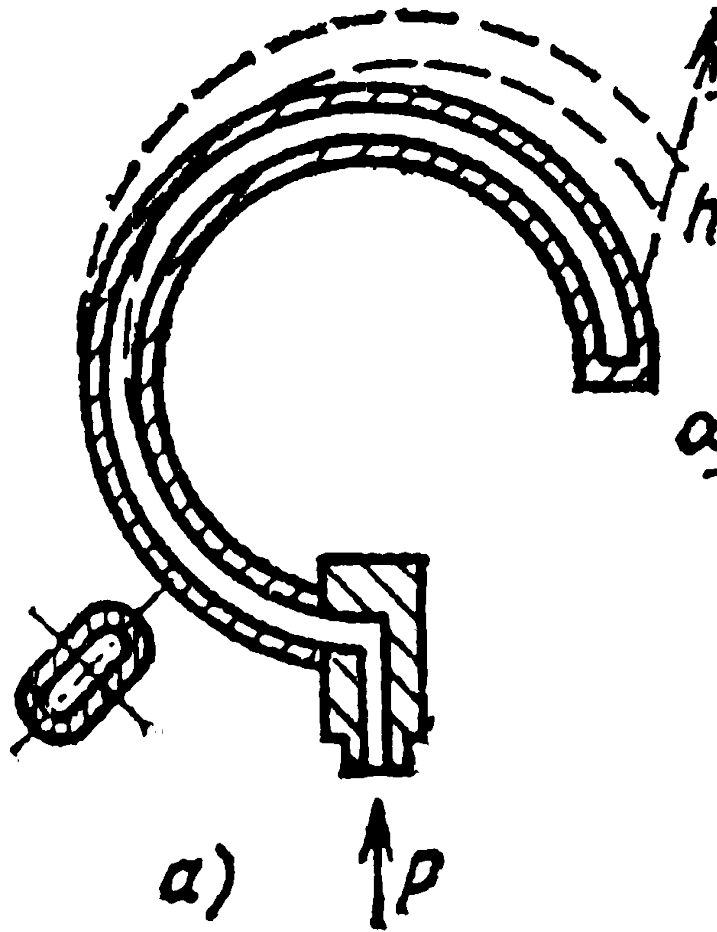
$f$  - площа поперечного перерізу  
скляної трубки

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

# Деформаційні манометри

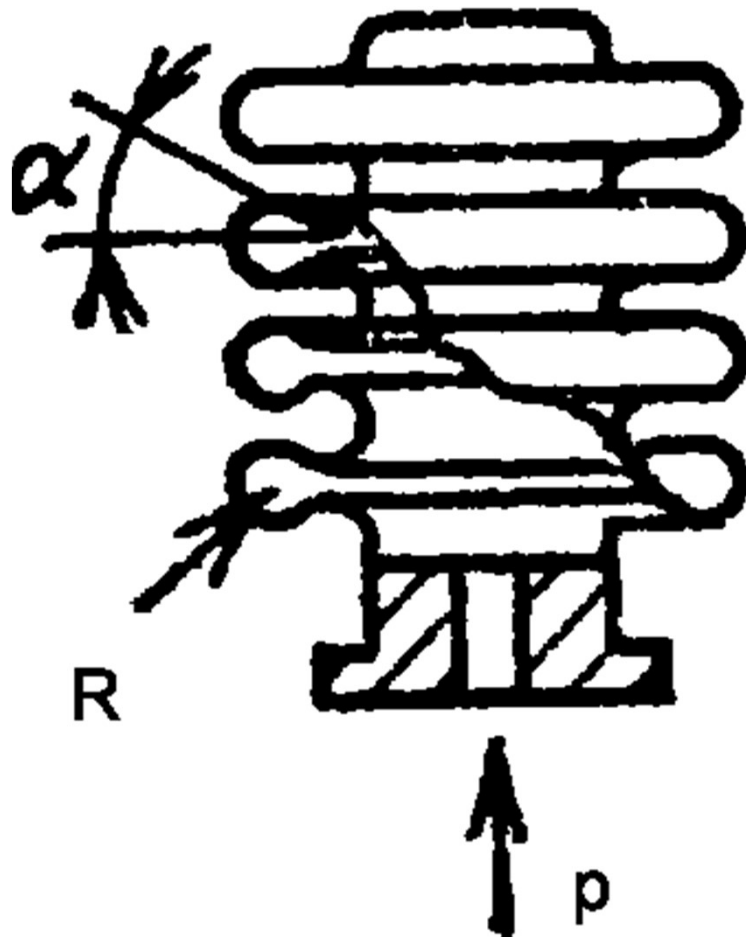
- трубчасті пружини;
- сифони;
- гофровані мембрани;
- мембранні коробки;
- м'які (мягкие) мембрани з жорстким центром.

# Трубчаста пружина



- до 5 МПа - латунь, бронза
  - більше 5 МПа - сплави нікеля, легіровані сталі
- $h = 1 - 3 \text{ мм}$

# Сильфон

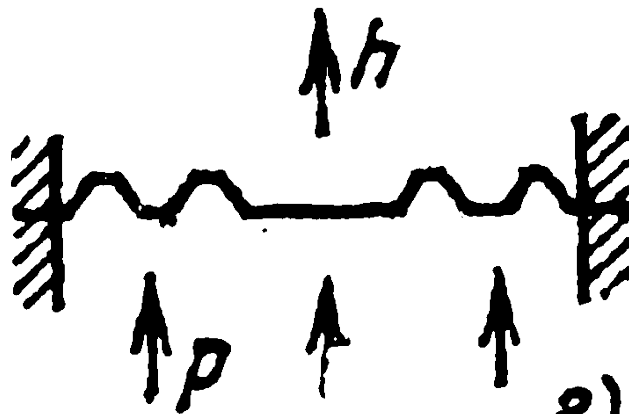
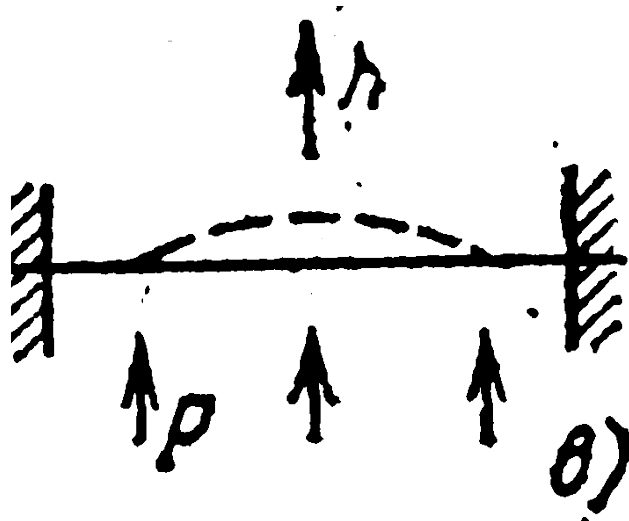


$R$  - радіус закруглення  
гофра

$\alpha$  - кут ущільнення гофра

$h$  - переміщення робочої  
точки

# Мембранні чутливі елементи



- плоска мембрана;

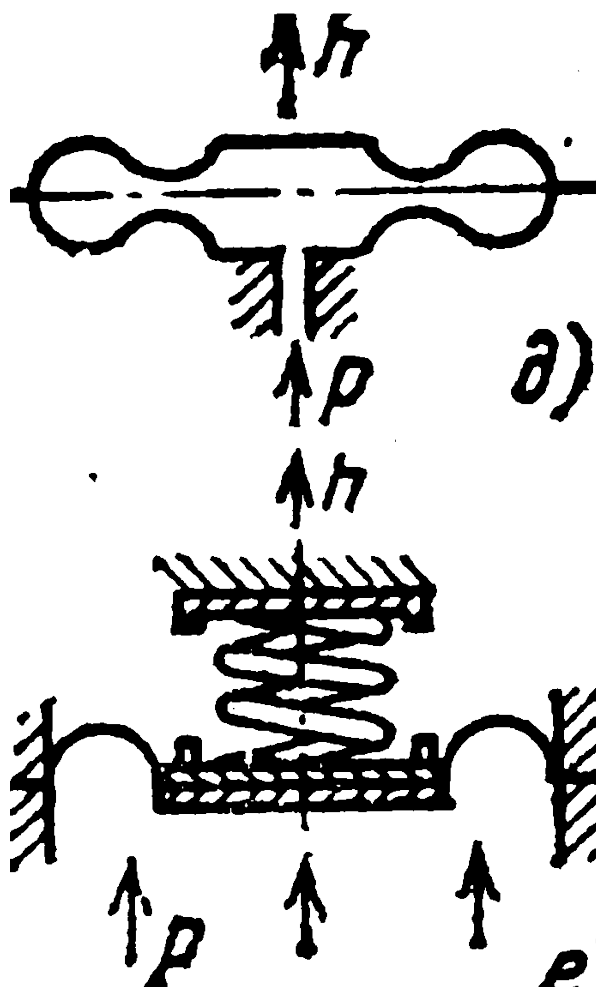
- гофрована мембрана:

S пільчасті;

S трапецеїдальні;

S синусоїдальні.





- мембранна  
коробка
- млява (вялая)  
мембрана

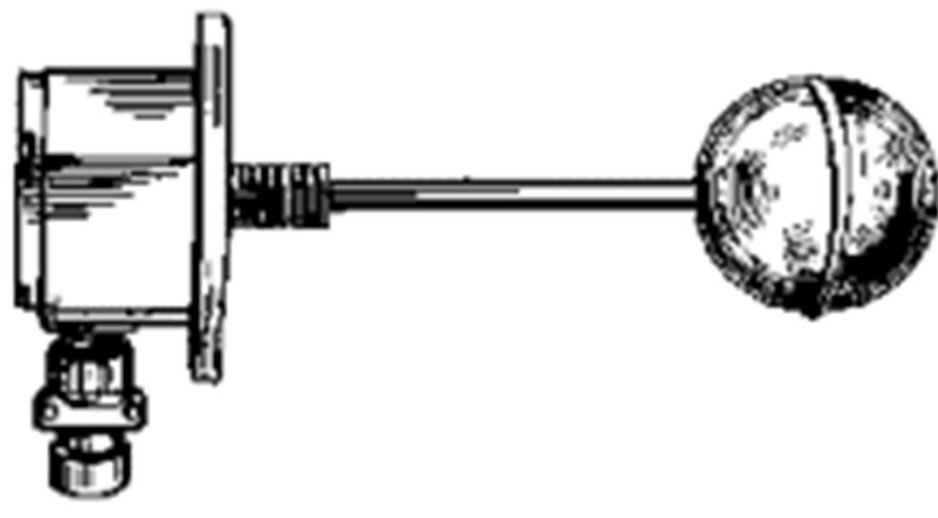
#### 4. Принципи виміру рівня

- поплавкові;
- буйкові;
- гідростатичні;
- ультразвукові;
- акустичні прилади;
- емнісні;
- радіоізотопні

### Поплавковий рівнемір

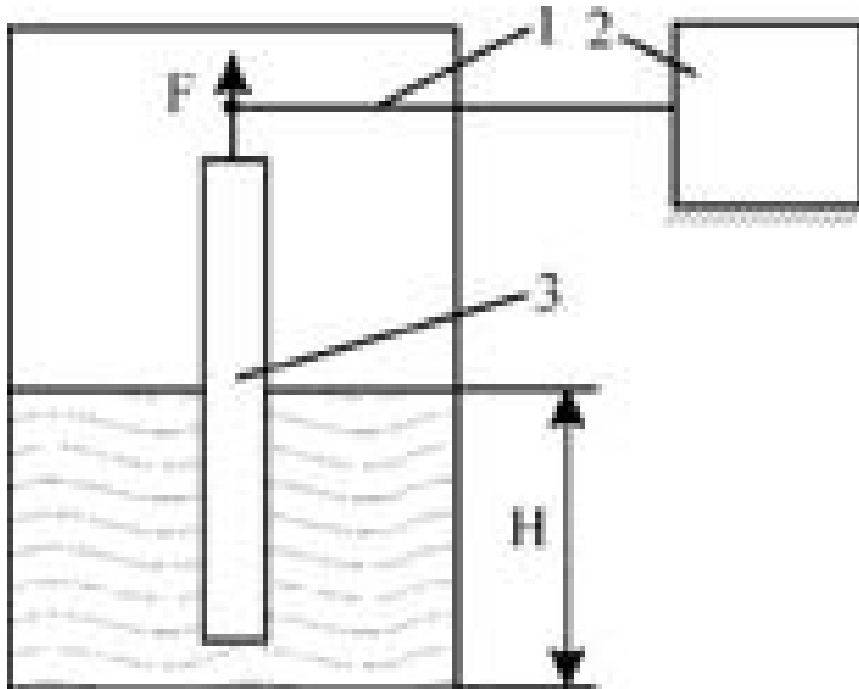
Є поплавець, що плаває на поверхні рідини, у результаті чого вимірюваний рівень перетворюється в переміщення поплавця. У таких приладах використовується легкий поплавець, виготовлений з корозійностійкого матеріалу. Пристрій приладу, що показує, з'єднано з поплавцем чи тросом за допомогою важелів.

Поплавковими рівнемірами можна вимірювати рівень рідини у відкритих емностях.



### Буйковий рівнемір

На занурений буй діє з боку рідини сила, що виштовхує,  $P$ . За законом Архімеда ця сила дорівнює вазі рідини, витиснутої буюм



$$F = S \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

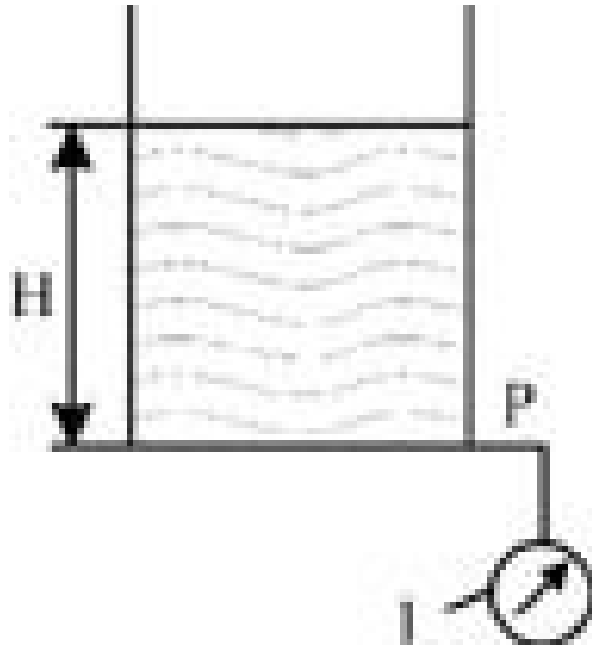
$S$ - площа поперечного сечення буйка.

Можуть вимірювати рівень у межах від 0-40 мм до 0 - 16 м.

### Гідростатичний засіб

В рідині існує гідростатичний тиск, пропорційний глибині, тобто відстані від поверхні рідини.

Для виміру гідростатичним способом можуть бути використані прилади для виміру тиску чи перепаду тисків. Як такі прилади звичайно застосовують дифманометри.



$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot H$$

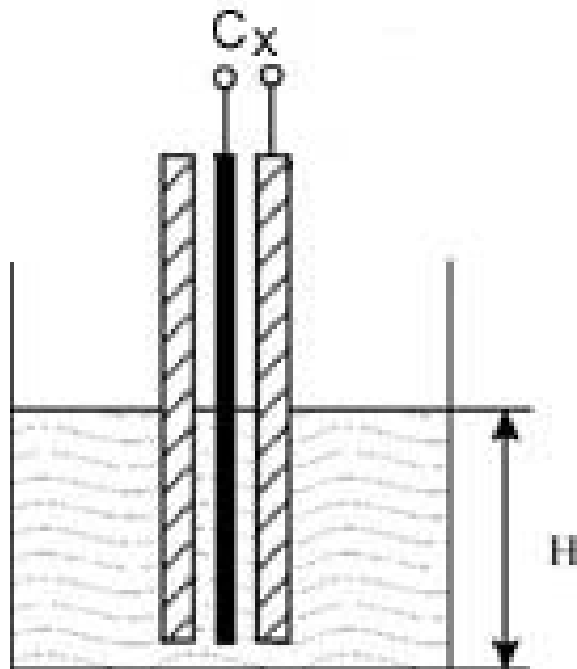
Рівень:

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

## 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

При зміні рівня рідині змінюється діелектрична проникність середовища. Ємність такого конденсатора залежить від рівня рідини.



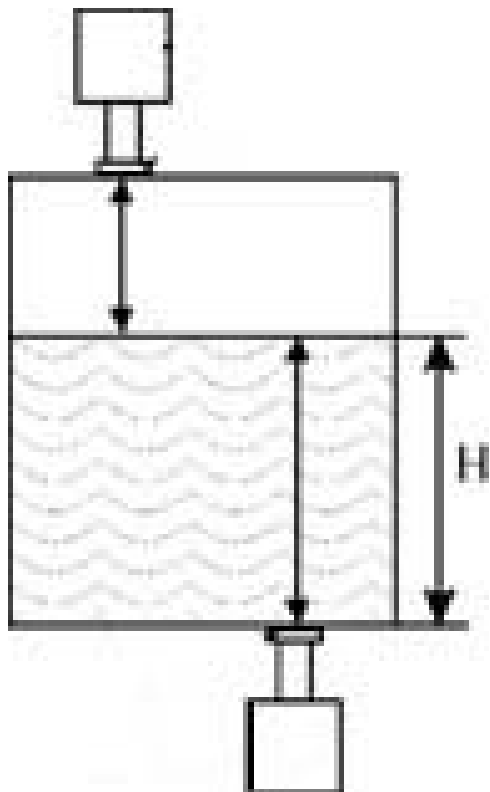
Недолік:

залежність діелектричної проникності рідини від температури

(вплив температури зменшується шляхом включення компенсаційних ємностей)

## 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.



Якщо джерело ультразвуку під шаром рідини - метод – ультразвуковий.

Якщо джерело ультразвуку над рідиною - акустичний.

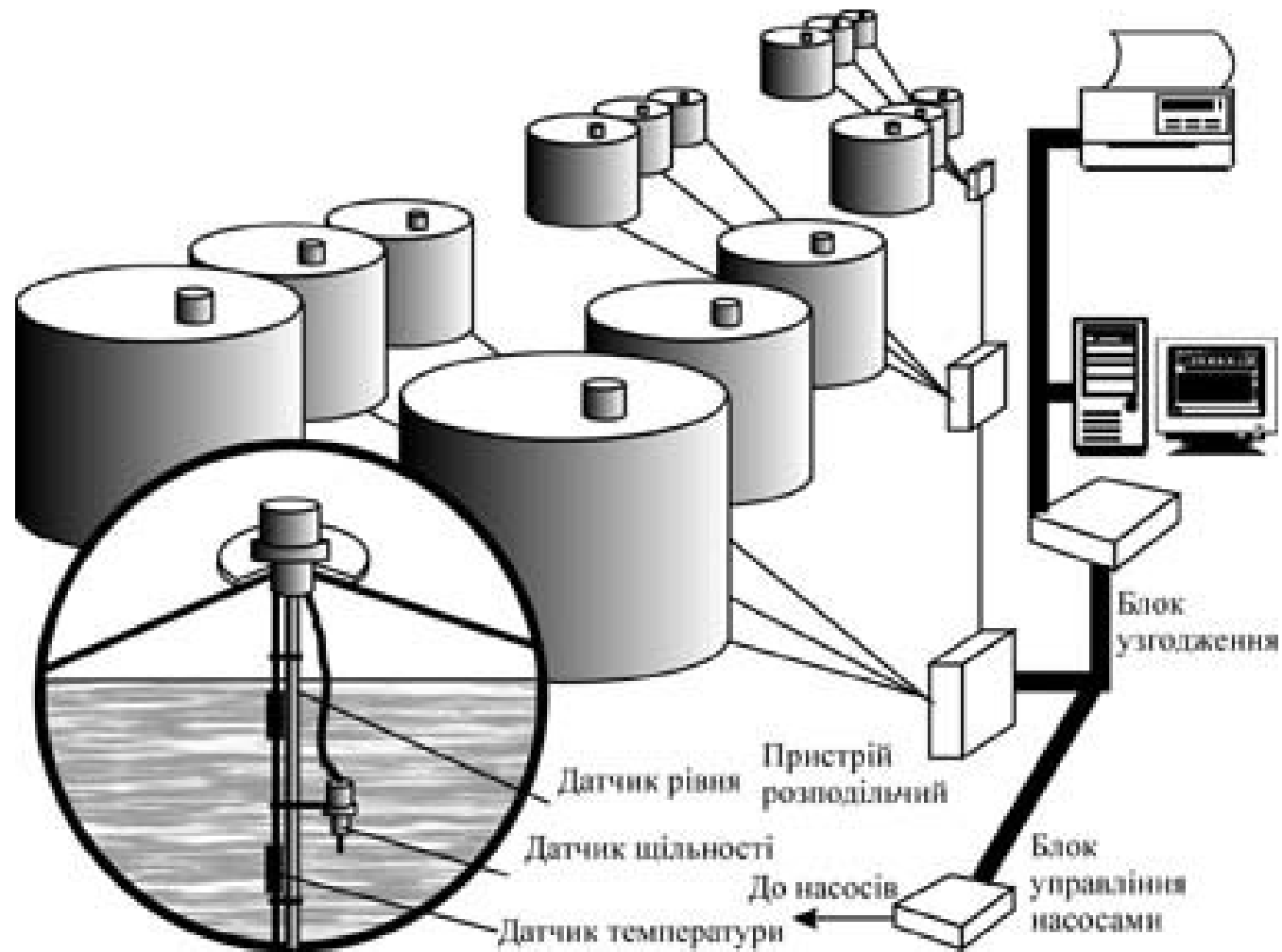


Схема контролю рівня «Резервуар-2» нафтосховища.



## 5. ПРИНЦИПИ ВИМІРУ ВИТРАТ

### ОДИНИЦІ ВИМІРУ:

Об'ємна витрата Q

л/с;

1м<sup>3</sup>/с=1000л/с.

Масова витрата G

1кг/с.

$$G=\rho \cdot Q$$

$\rho$  – щільність

# Різновиди витратомірів:

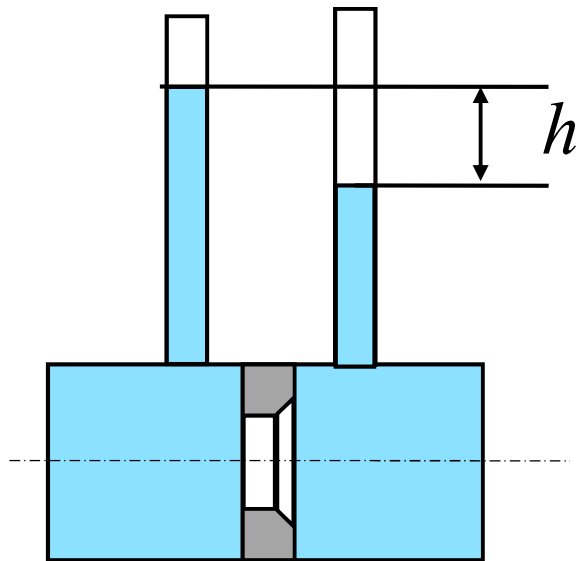
- змінного перепаду тиску з звужуючим пристроєм (витратомір змінного перепаду);
- постійного перепаду тиску (витратоміри обтікання);
- тахометричні витратоміри;
- електромагнітні витратоміри;
- ультразвукові витратоміри.

# Умови використання методу

- характер руху потоку до і після звужуючого пристрою повинен бути турбулентним та стаціонарним;
- потік повинен повністю заповнювати трубопровід;
- фазовий стан потоку не змінюється;
- на поверхні трубопровода та звужуючого пристрою не накопичуються осадки, що змінюють їх геометрію

### Мірні шайби

Для виміру витрати рідини або газу, часто застосовують мірні шайби – гідравлічний опір з відомою геометрією і нормованими втратами тиску на гострих кромках:



$$Q = \mu \cdot F \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} = \mu \cdot F \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\Delta p = \rho q h$$

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{2gh}$$

$F$  - площа прохідного перетину мірної шайби  $\mu < 1$  (0,7-0,9) - коефіцієнт витрати, враховує зменшення реальної витрати за рахунок втрат на гострих кромках.

## Трубка Вентурі

застосовується для виміру витрати рідини у разі, коли необхідно уникнути втрат тиску:

Рівняння Бернуллі:

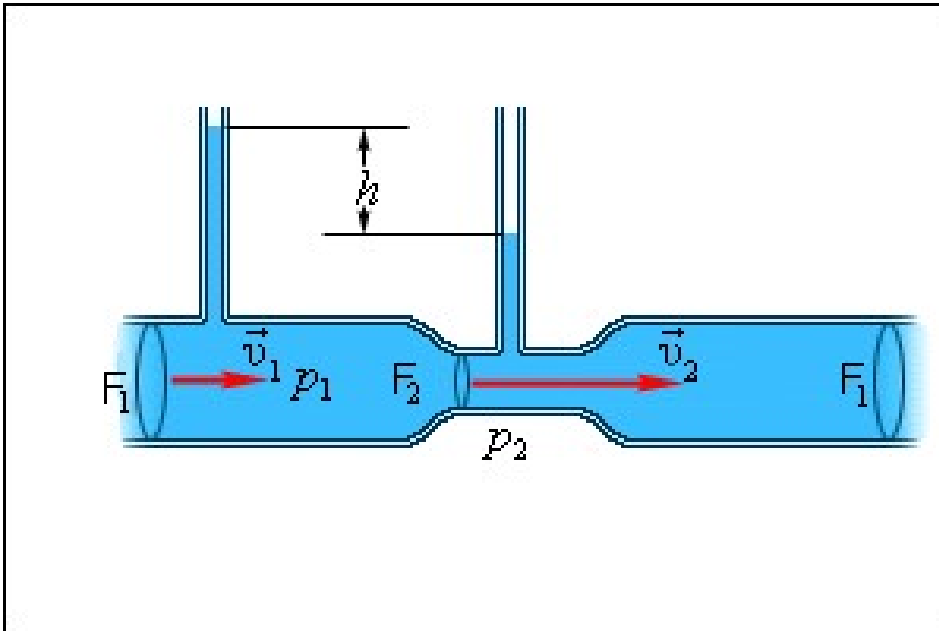
$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2}$$

Рівняння нерозривності

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

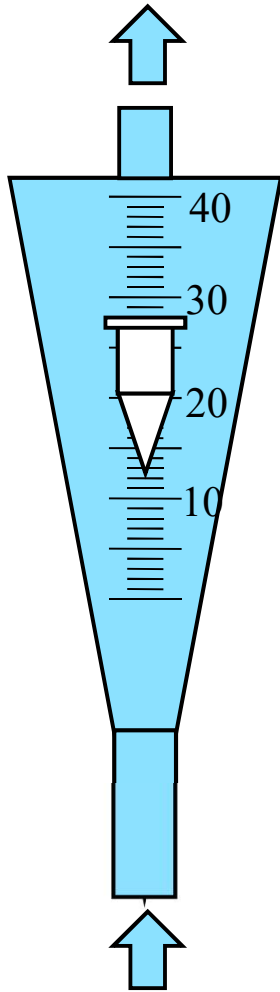
$$v_1 F_1 = v_2 F_2$$

$$Q = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \frac{F_2^2}{F_1^2}}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$



# Витратоміри постійного перепаду тиску

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.



Ротаметр є вертикальною конусною трубкою, в якій знаходиться поплавець. При переміщенні поплавця вгору або вниз площа прохідного перетину змінюється по лінійному закону:

$$F = Kx$$

За умови рівноваги поплавця слідує, що перепад тиску постійний:

$$\Delta p = \text{const}$$

А з рівняння витрати - що витрата пропорційна площі або зсуву поплавця.

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$Q = A \cdot x$$

$$A = \mu \cdot K \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Ротаметр для виміру витрати в агресивних середовищах

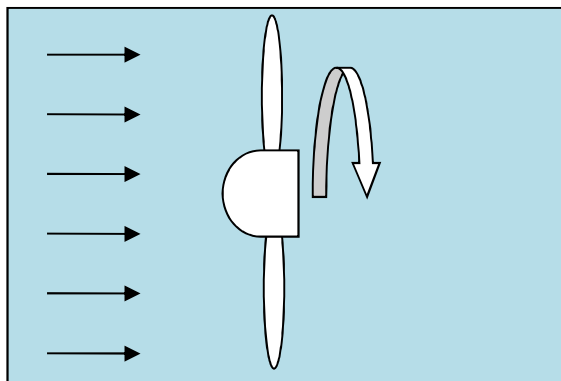




## Турбінні витратоміри (тахометричні)

Призначені для виміру витрати неагресивних рідин з низькою в'язкістю і для виміру витрати газів.

Принцип виміру: Рухома речовина приводить в рух ротор турбіни, частота обертання ротора пропорційна об'ємній витраті рідини або газу.

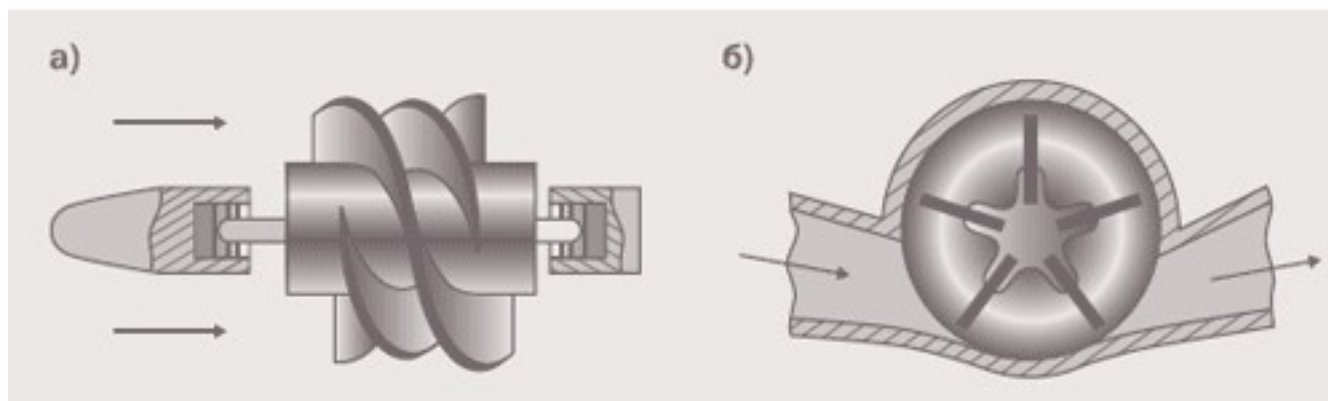


Переваги:

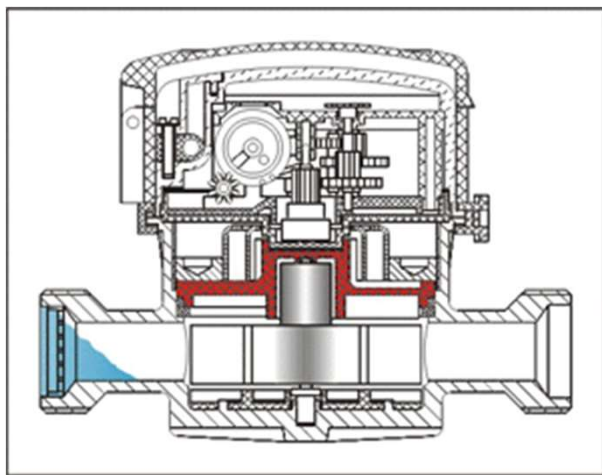
- лінійну характеристику;
- широкий діапазон виміру;
- мала інерційність;
- простота конструкції.

Недолік:

наявність рухомих частин і як наслідок обмежений ресурс.



а) аксіальна турбіна; б) тангенціальна турбіна



# Ультразвукові витратоміри

**Ультразвуковий** метод вимірювання витрат базується на залежності швидкості ультразвуку від швидкості потоку

## **6. Принципи роботи газоаналізаторів**

**Газоаналізаторами** називають засоби виміру, що використовуються в різноманітних галузях промисловості, наукових дослідженнях для аналізу складу газів.

**Газоаналізатори** поділяються на 2 групи приладів:

- вимірювальні прилади;**
- індикатори, сигналізатори, детектори витоку газів.**

# Класифікація за принципом дії:

ГАЗОАНАЛІЗАТОРИ

МЕХАНІЧНІ

ОПТИЧНІ

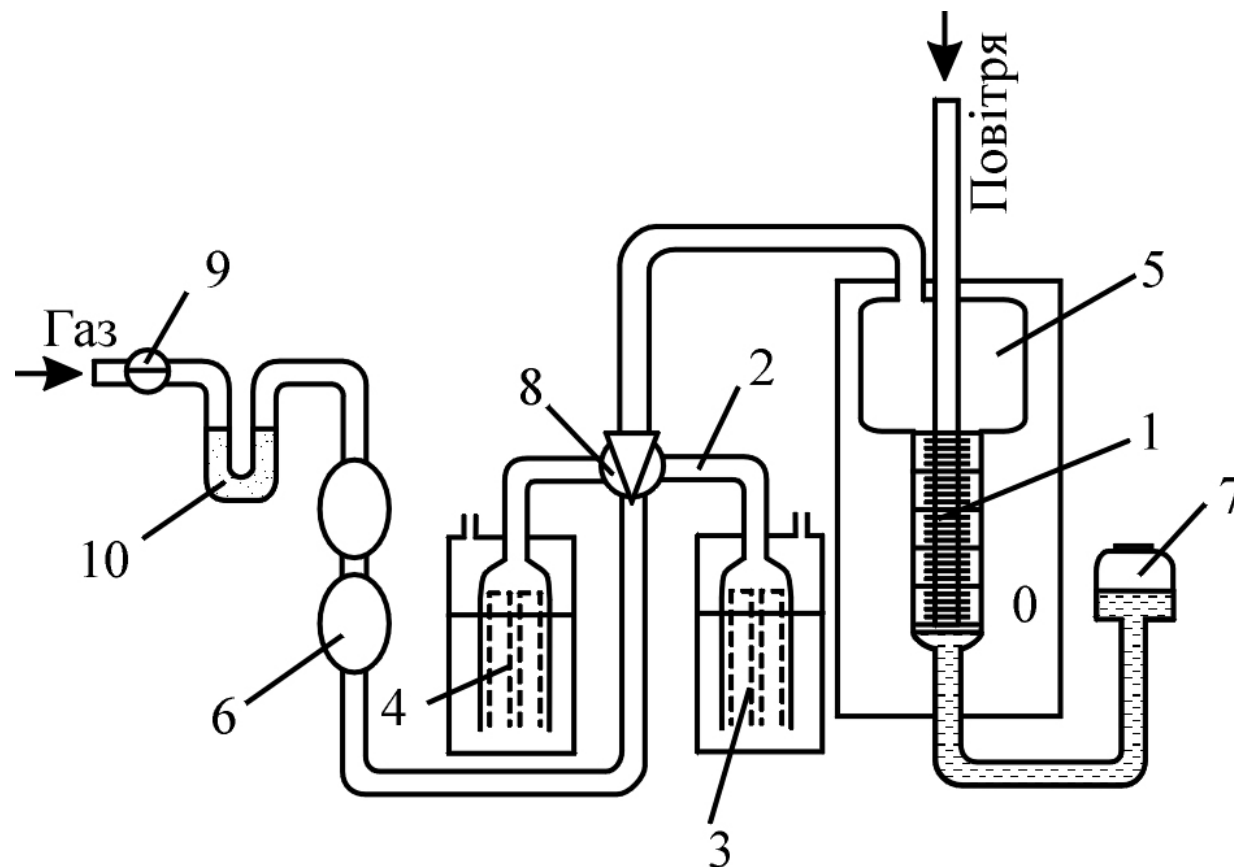
ХРОМАТОГРАФІЧНІ

ЕЛЕКТРИЧНІ

ТЕПЛОВІ

МАС-СПЕКТРОМЕТРИЧНІ

## 6.1. Механічний газоаналізатор.



- 1- Вимірювальна бюретка;
- 2 – гребінка;
- 3,4 – поглинальні судини: в 3 - розчин їдкого калію; в 4 - лужний розчин пірогаллола;
- 5 – трубка;
- 6 - гумова груша;
- 7 - напірна судина;
- 8, 9 – крани;
- 10 – фільтр.

Гази які аналізуються:  $O_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $C_nH_m$ ,  $N_2$

### Переваги:

- можливість виміру широкого кола компонентів;
- можливість аналізу багатокomпонентних сумішей;
- простота пристрою.

### Недоліки:

- низька точність аналізу (не вище 0,1–0,2%);
- періодичність дії;
- необхідність частої заміни реактивів;
- складність створення автоматичних приладів;
- громіздкість приладу через велике число елементів зі скла.

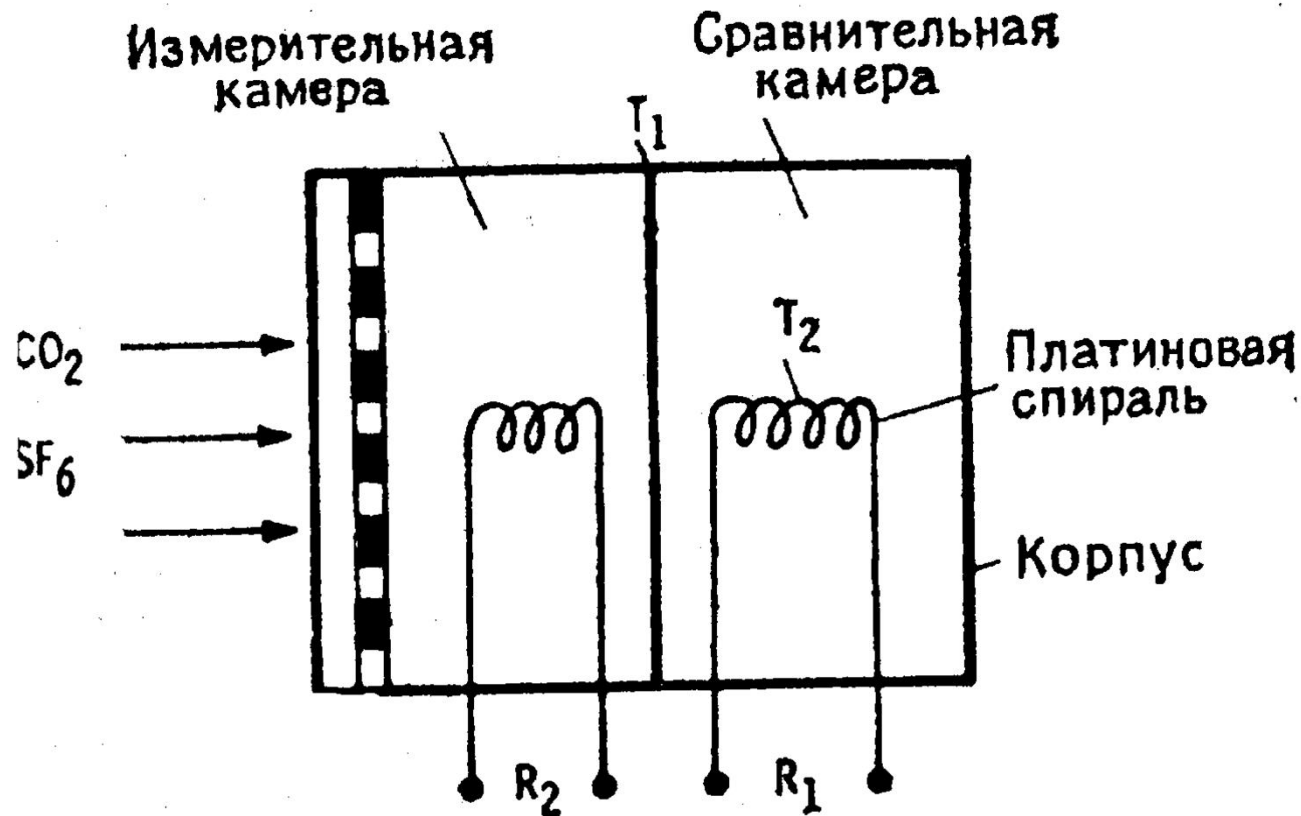
## 6.2. Теплові газоаналізатори:

### 6.2.1. Термокондуктометричні

$$\lambda = \lambda_1 \cdot c_1 + \lambda_2 \cdot c_2 + \dots + \lambda_n \cdot c_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot c_i$$

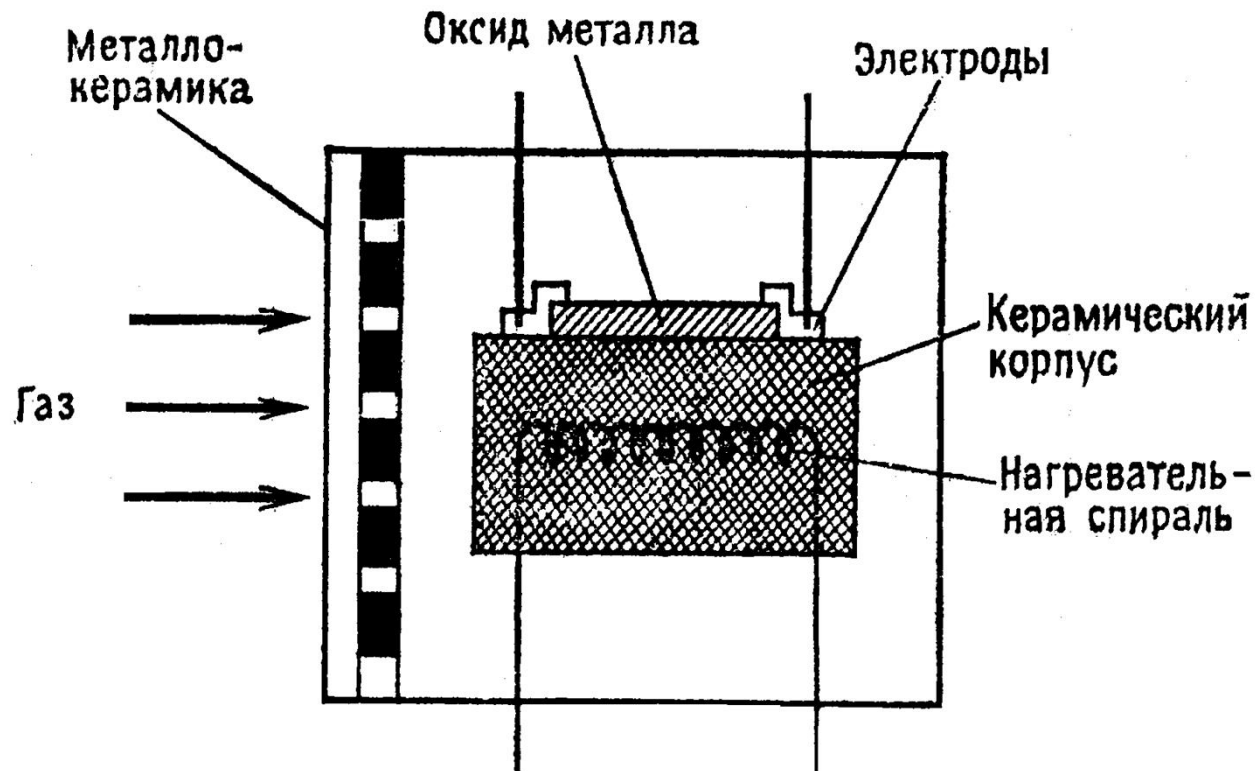


# Термокондуктометричні

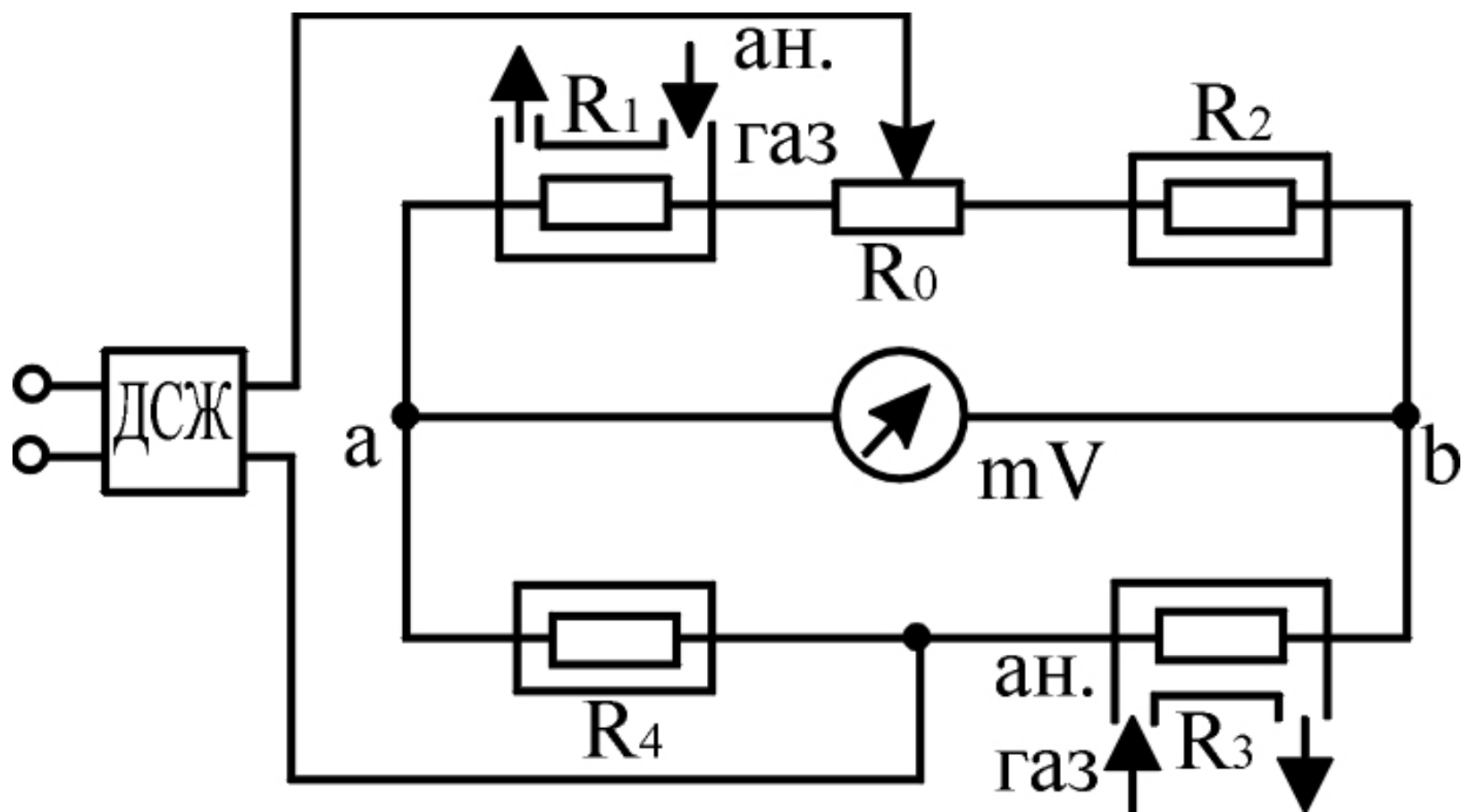


Визначають:  $H_2$ ,  $He$ ,  $N_2$ ,  $HCl$

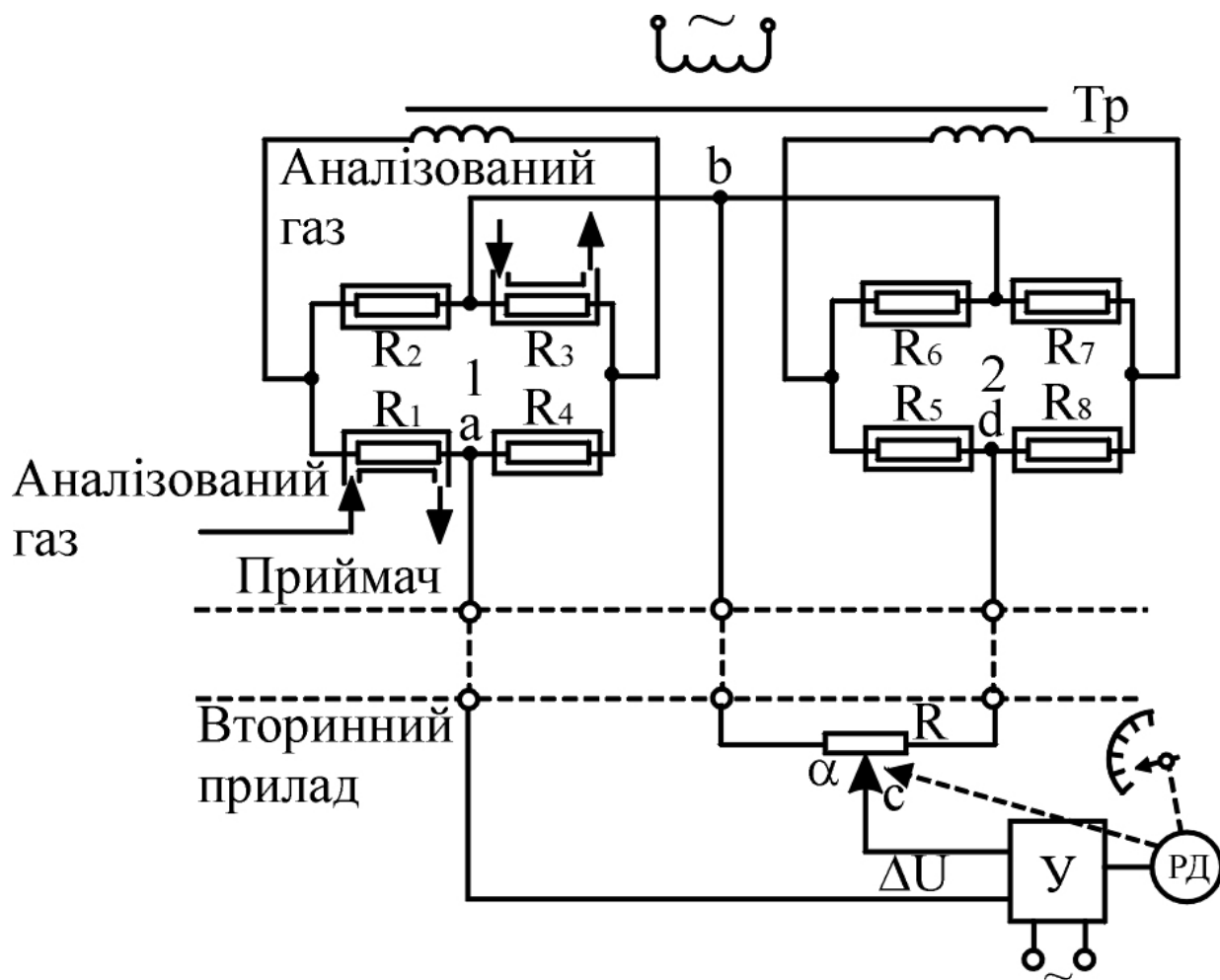
# Напівпровідникові газоаналізатори



# Термокондуктометричні



# Автоматичний термокондуктометричний газоаналізатор

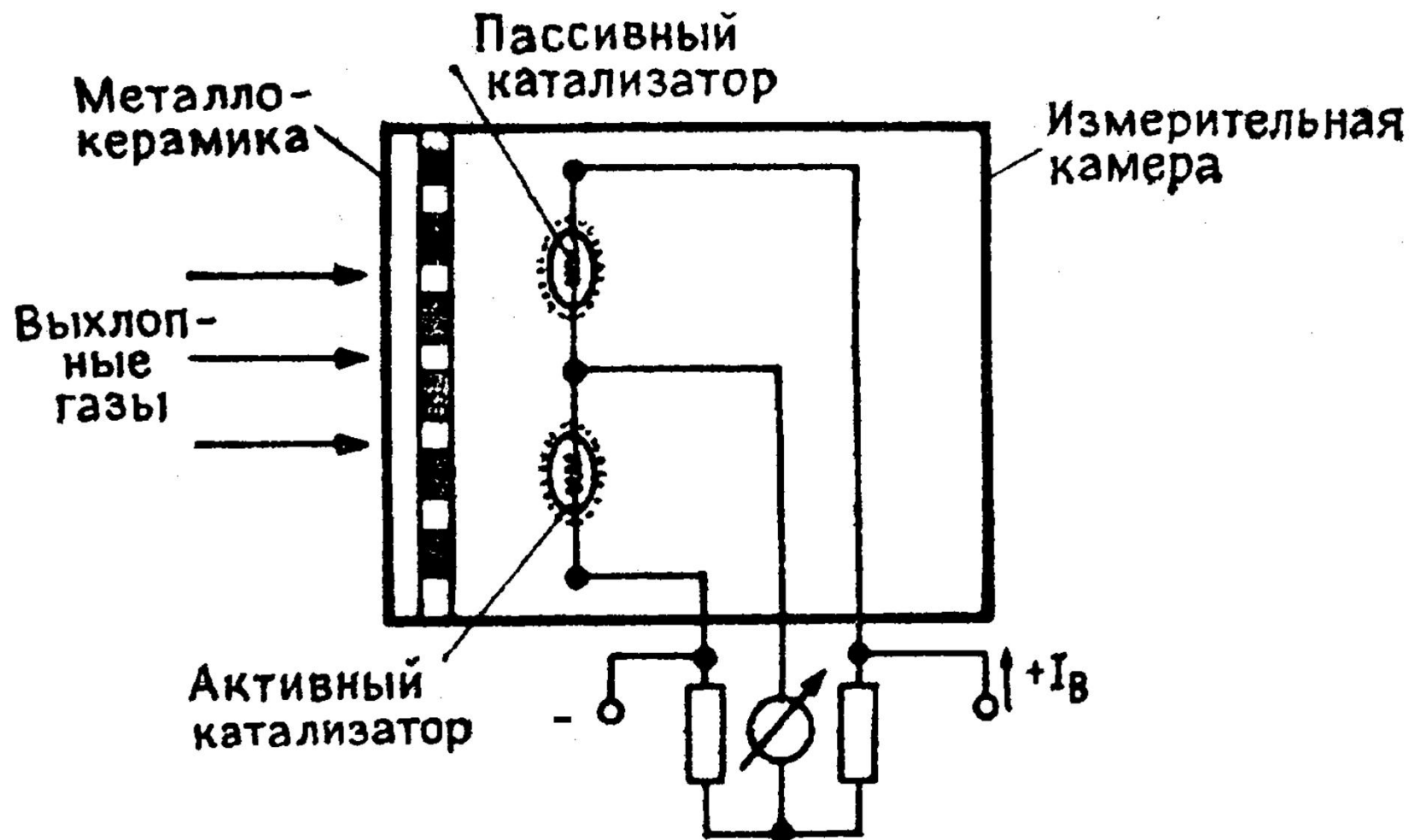


## 6.2.2. Термохімічні газоаналізатори

Визначають:

CO, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>  
бензин, ацетон, спирти.

- 1 група: реакція окислювання відбувається на поверхні нагрітої платинової нитки,
- 2 група: реакція окислювання відбувається на поверхні гранульованого каталізатору  
гопкалит (60% - MnO<sub>2</sub>, 40% - CuO)

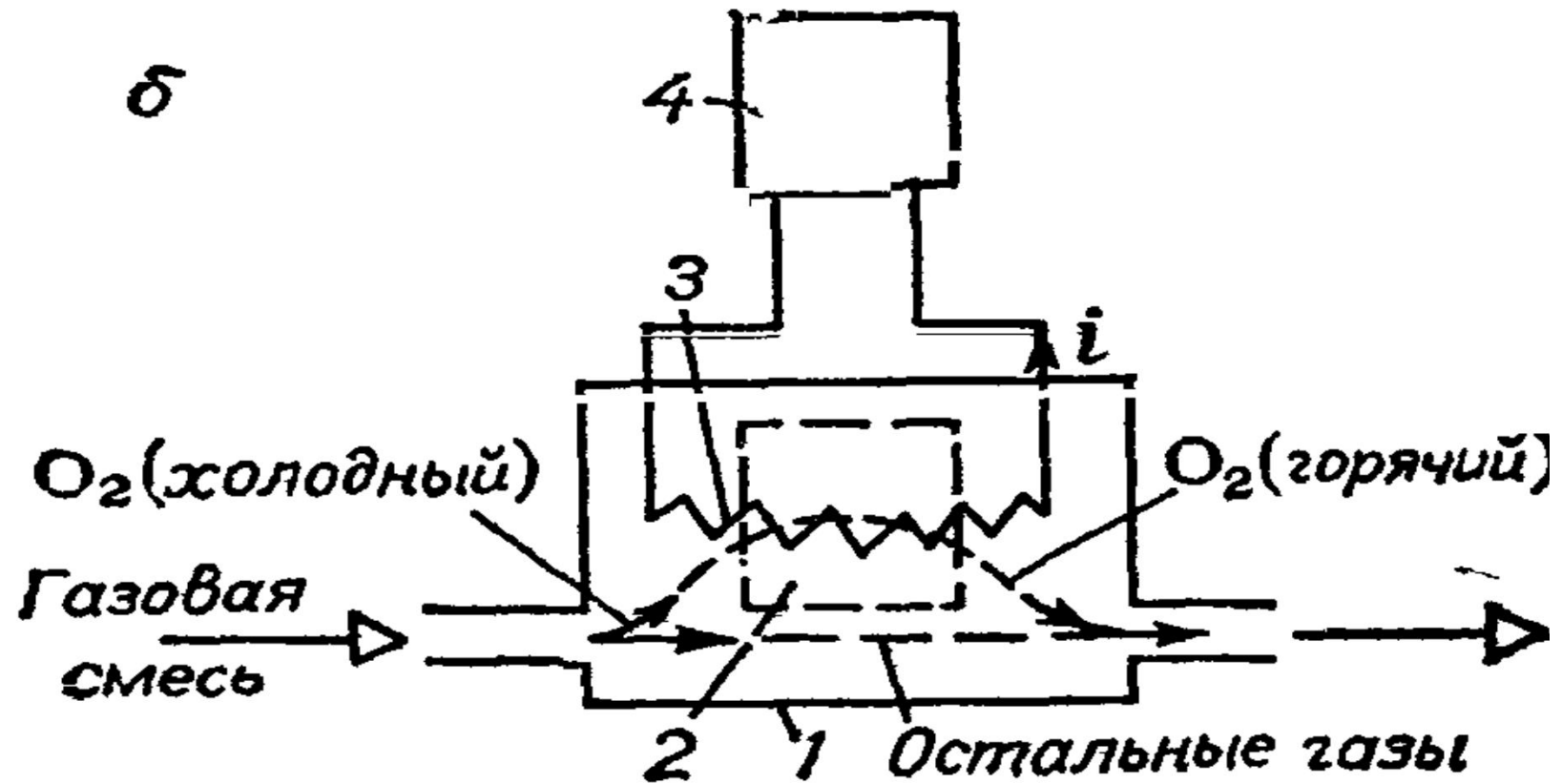


## 6.3. Магнітні газоаналізатори

Гази бувають - парамагнітні  
діамагнітні

Об'ємна магнітна сприймальність:

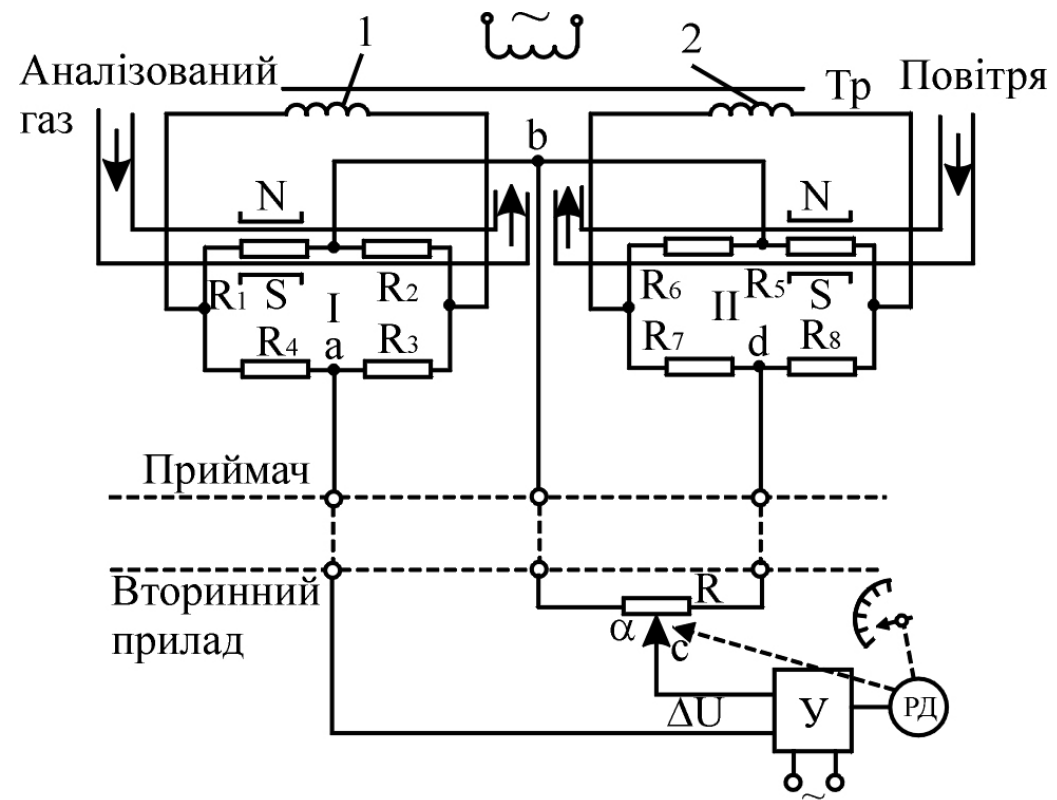
$$\chi_{CM} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \chi_i = c_K \cdot \chi_K + (1 - c_K) \cdot \chi_H$$



1 - камера; 2 - магнітна система;

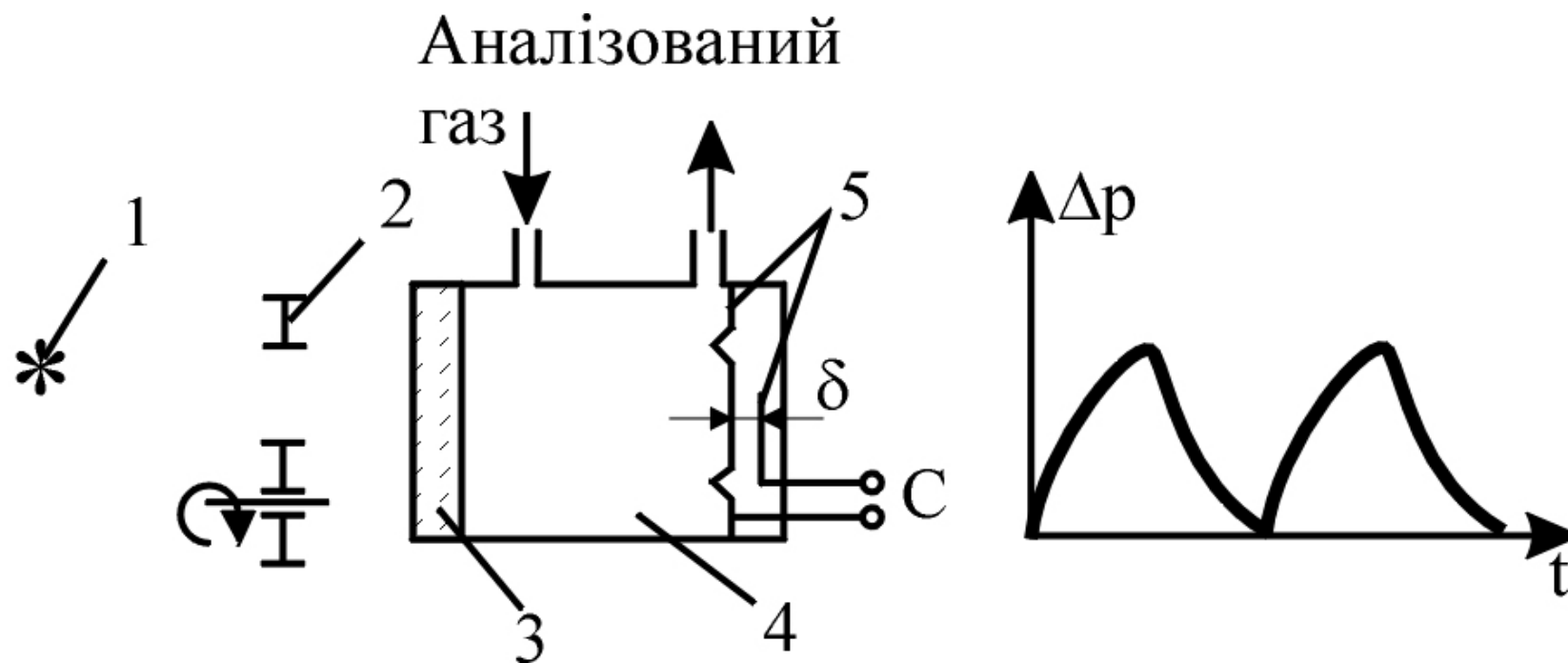
3 - терморезистор; 4 – вимірювальний міст



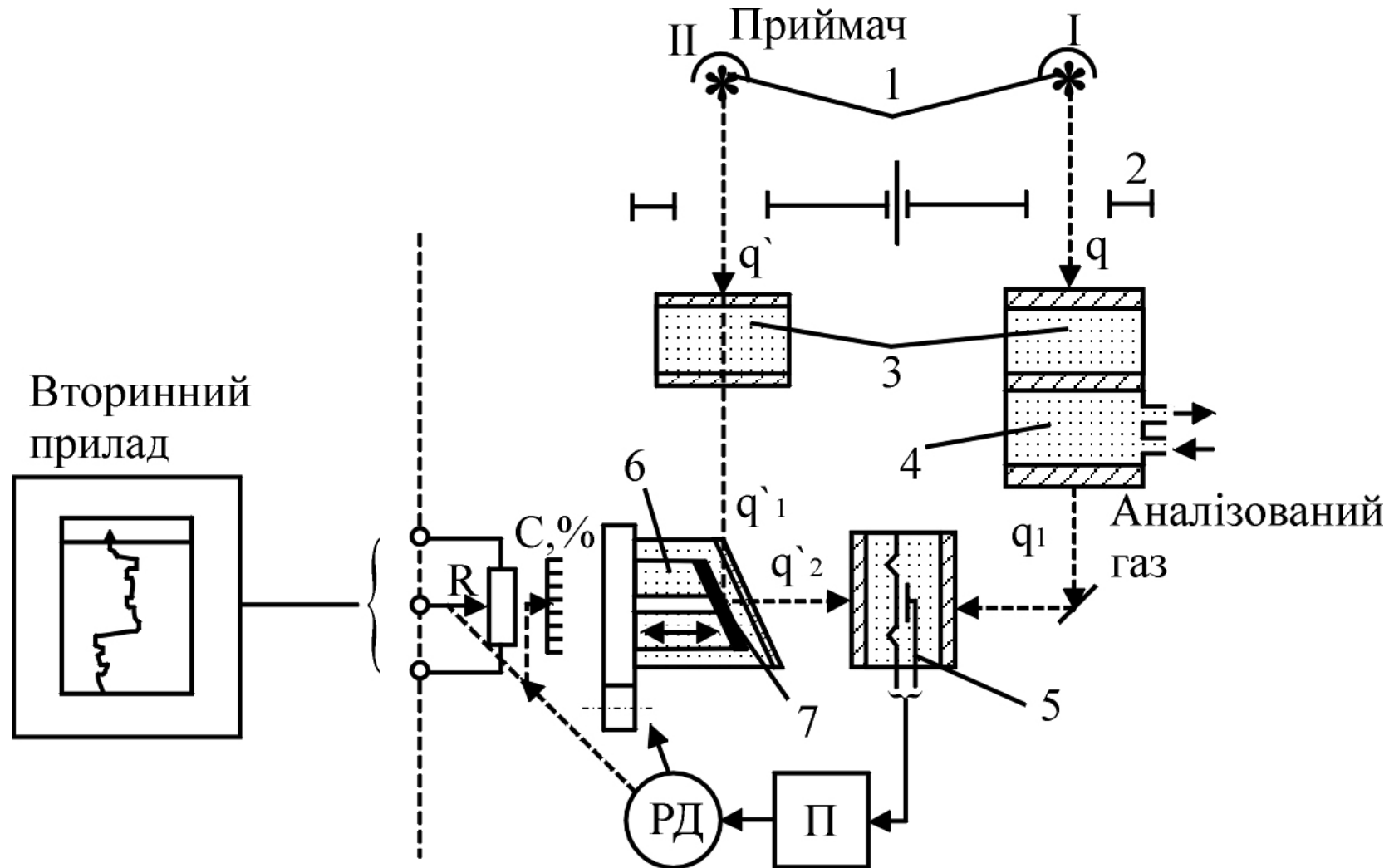


## 6.4. Оптичні газоаналізатори

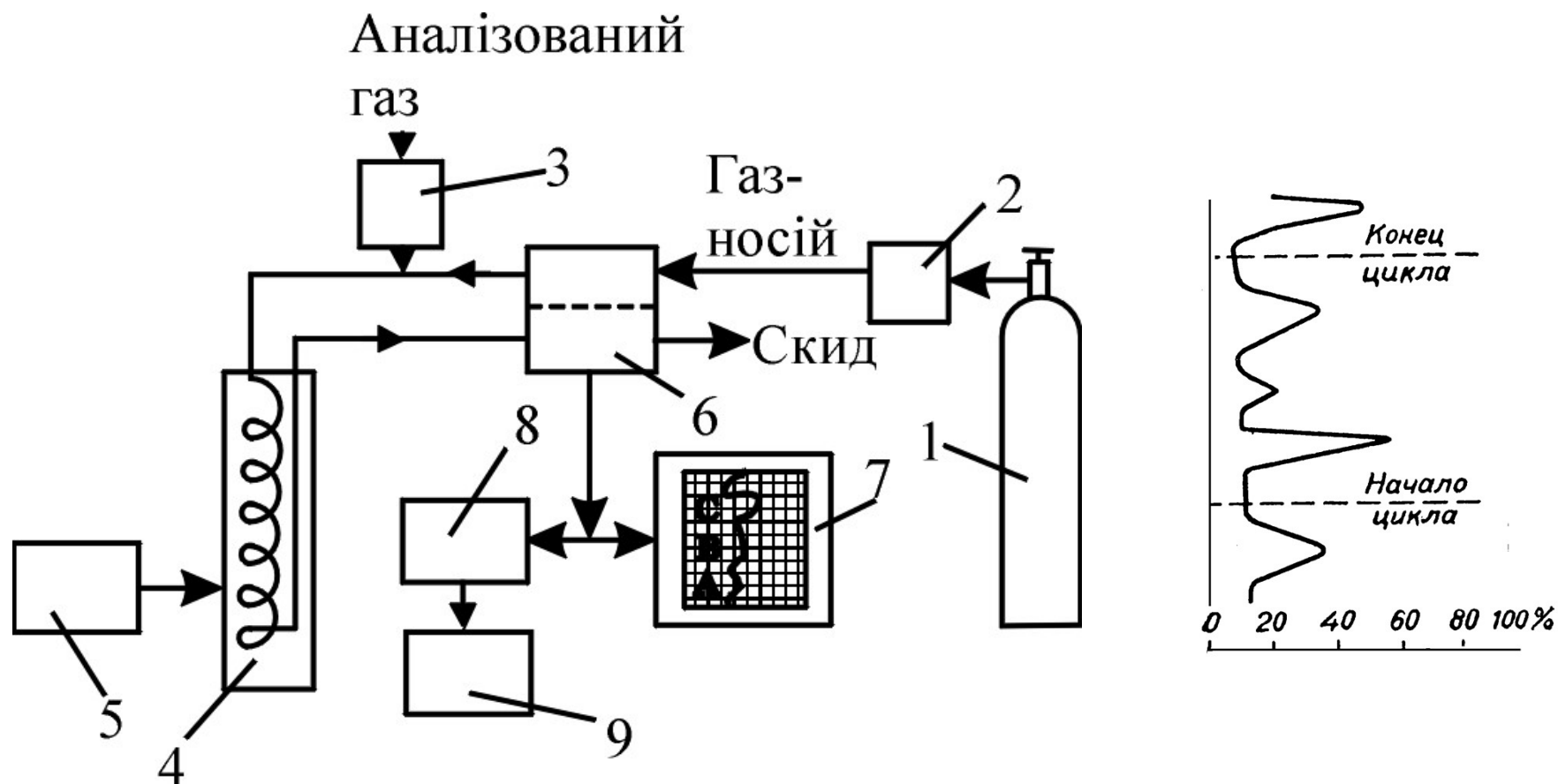
### 6.4.1. Інфрачервоного та ультрафіолетового поглинання.



# компенсаційний метод



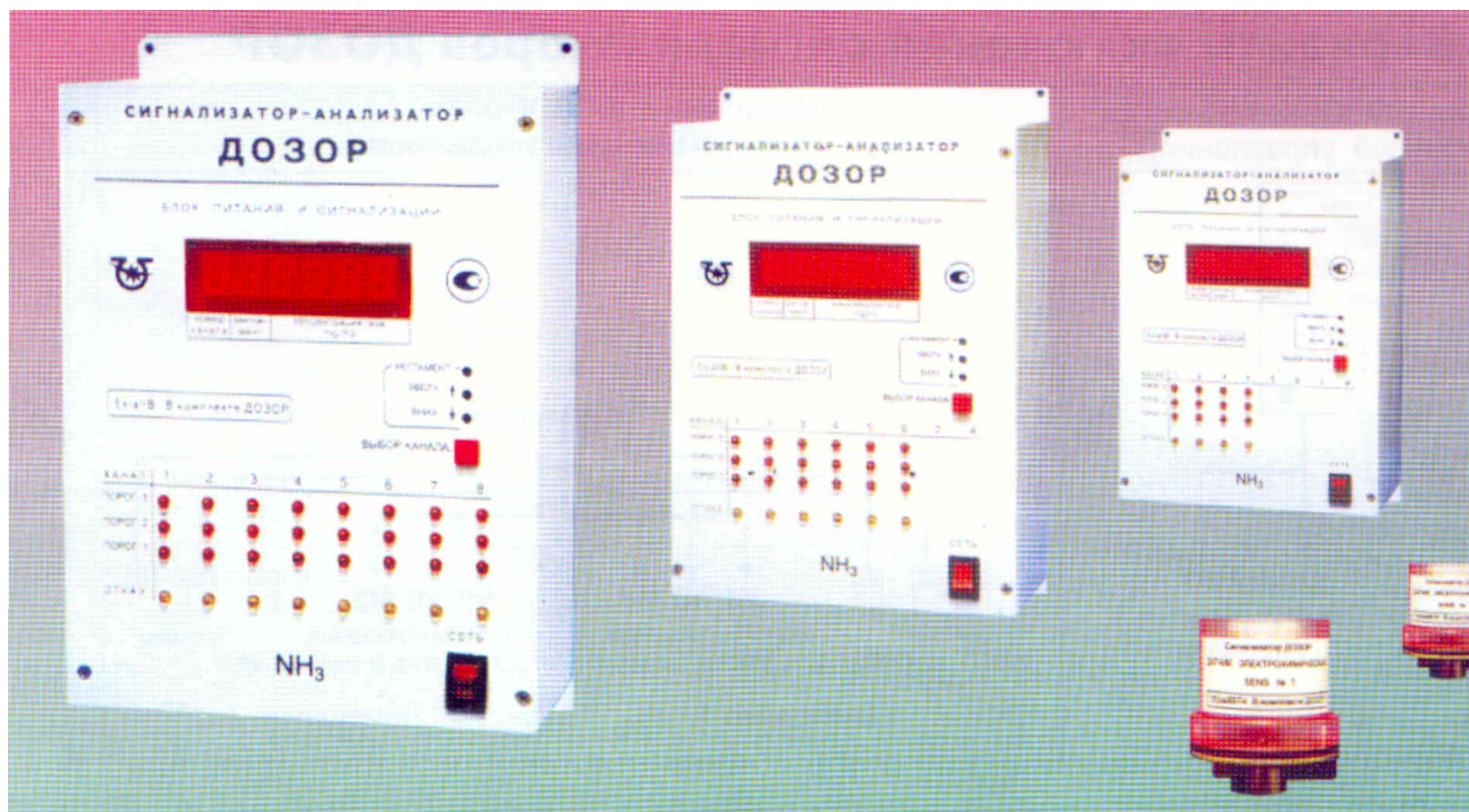
## 6.5. Хроматографічні газоаналізатори



- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1 – газ-носіій;       | 6 – детектор;             |
| 2 – регулятор;        | 7 - реєструючий прилад;   |
| 3 – дозатор;          | 8 - інтегруючий пристрій; |
| 4- роздільна колонка; | 9 – друкуючий пристрій.   |
| 5- терморегулятор;    |                           |

## 6.6. Приклади технічної реалізації газоаналізаторів.

### Сигналізатори ДОЗОР



# Сигналізатори ВАРТА - 1



- **6.7. Умови роботи і правила розташування газоаналізаторів**

1. температура аналізованого середовища на вході в прилад повинна бути в межах від 5 до 40°C суміш не повинна містити механічні домішки (пил, сажу, смолу та ін.).

2. Температура навколишнього повітря повинна бути в межах від 5 до 50°C відносна вологість від 30 до 80%.

3. Датчики сигналізаторів до вибухонебезпечних концентрацій слід встановлювати.

4. У приміщеннях для компресорів - по одному датчику на кожен компресор з відбором проб повітря у місці встановлення сальників; у насосних - не менше одного датчика на кожні 100 м<sup>2</sup> приміщення або один датчик на шість насосів з відбором проб від кожного насоса; для інших вибухонебезпечних виробничих приміщень по одному датчику на місці найбільш можливих джерел виділення горючих парів і газів.

## 7. ПРИНЦИПИ ВИМІРУ ЩІЛЬНОСТІ РЕЧОВИНИ

### ОДИНИЦІ ВИМІРУ:

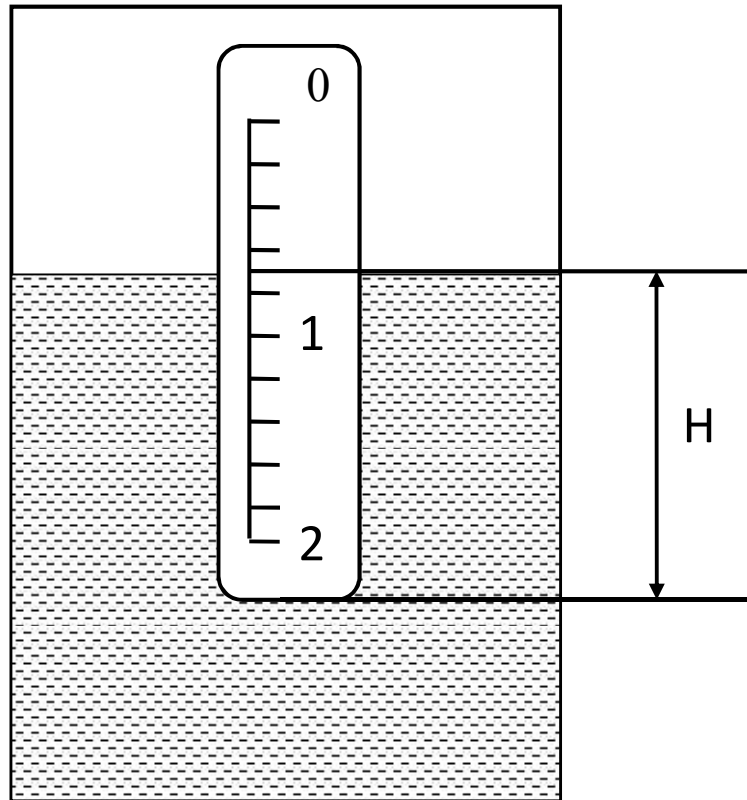
1кг/м<sup>3</sup>;

1Г/л;

1Г/моль.

### Ареометр (скляна колба)

знаходиться в рівновазі під дією сили ваги і сили виштовхування



$$mg = S \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

S- площа поперечного  
січення ареометра;  
m – маса ареометра.

$$\rho = \frac{m}{S \cdot H}$$





Для утримання ареометра у вертикальному положенні нижня частина заповнена дробом.

Для підвищення чутливості верхня частина виконана тонкою.

На кожному ареометрі є позначення, при якій температурі необхідно проводити виміри.

## **8. Висновки**

1. На лекції розглянуті актуальність та необхідність вивчення дисципліни.
2. Наведені принципи та методи вимірювання температури, тиску, витрати, рівня, щільності, складу речовини.
3. Приведені приклади технологічного обладнання для виміру даних технологічних параметрів.

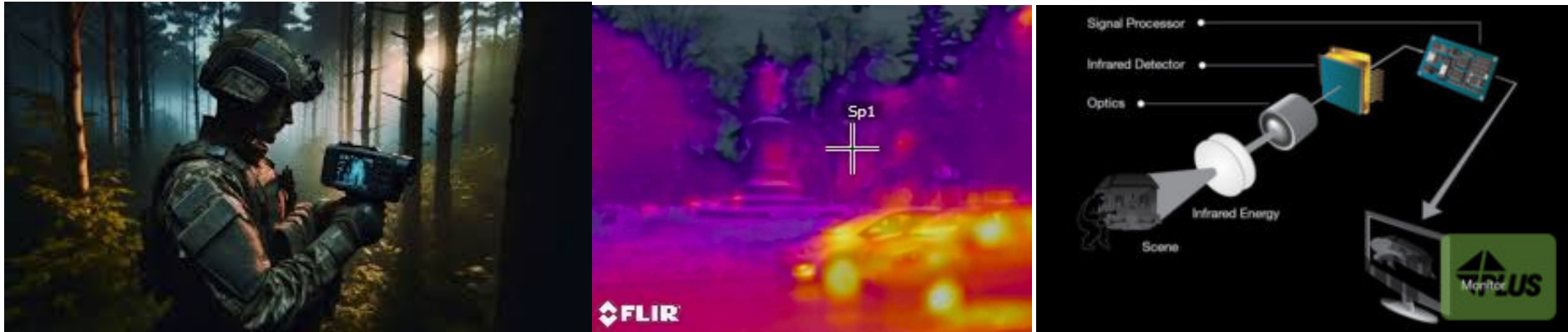
## **Завдання на самопідготовку**

1. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2006.–279с. С. 58-225, 272 - 276.

<http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19667>

## 8. Висновки, урахування впливу воєнного стану.

### Застосування безконтактних методів контролю температури для виявлення військових об'єктів



Тепловізор безпосередньо сканує температуру поверхні об'єкта та елементів навколишнього оточення. Головним чутливим елементом є матриця у фокальній площині, що містить тисячі мікродатчиків. За свідченнями виміряної температури, електронна обв'язка сенсора формує загальну картинку термограми, яку можна бачити на мікродисплеї пристрою. У тепловізійної оптики в якості передньої фокусуючої лінзи використовується матеріал Германій ( $32\text{ Ge}$ ), який є повністю прозорим в необхідному діапазоні інфрачервоного випромінювання. Більший розмір матриці та об'єктиву діє далі і краще.

Тепловізори не можуть проникати через бетонні стіни, скло чи дзеркало. Під час легкого серпанку тепловізор справляється на відмінно, але при густому та забрудненому тумані, особливо в низько розташованих місцях, використання тепловізора має обмеження по дальності та ідентифікації.

Основні параметри: чутливість сенсора, роздільна здатність камери, різниця температурі між об'єктом та навколишнім середовищем, розмір об'єкта.