

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
НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ**

Лекція № 8
**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ ДЛЯ
ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ, РІВНЯ, ВИТРАТ, ЩІЛЬНОСТІ,
АНАЛІЗУ СКЛАДУ ГАЗІВ**

Лекцію розробив:
Доцент кафедри АСБтаІТ

Вячеслав ДУРЄЄВ

ХАРКІВ 2024

Зміст лекції

План проведення заняття.

1. Вступ
2. 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 газоаналізаторів
7. Принципи виміру щільності речовини
8. Висновки

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 бува 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.

2

Поняття тиск, одиниці виміру тиску

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

За одиницю виміру тиску в SI прийнятий тиск, що створює сила 1 Н на перпендикулярну до неї поверхню площею 1 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:

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

2.1. ПРИНЦИПИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Манометри умовно поділяються

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

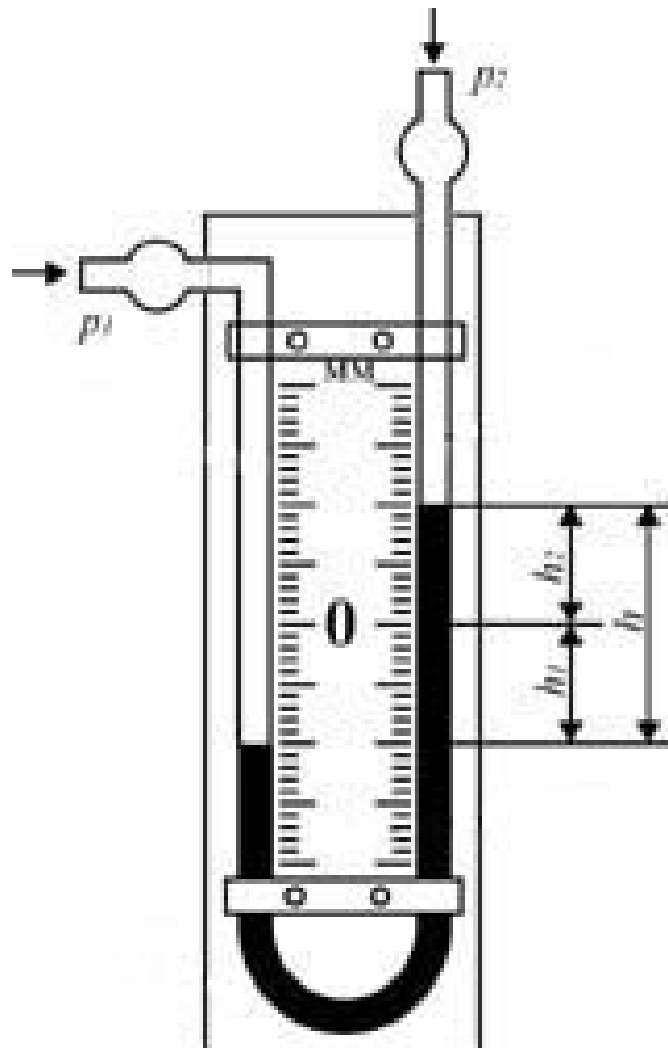
За принципом перетворення:

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

Рідинні манометри

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

Двотрубний рідинний манометр



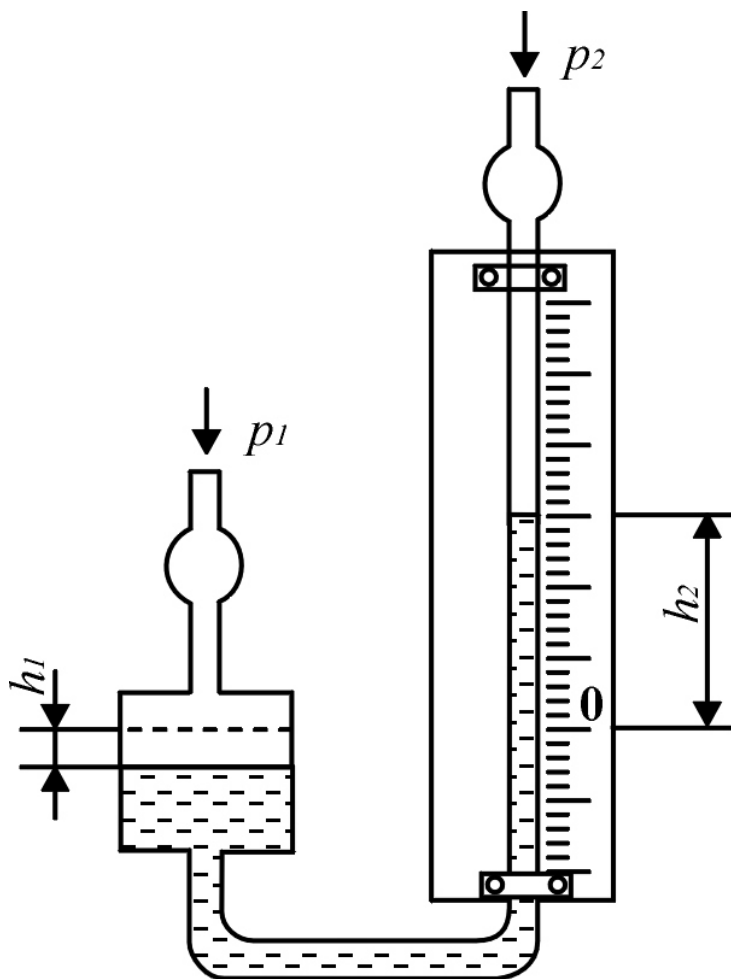
1,2 - скляні трубки

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

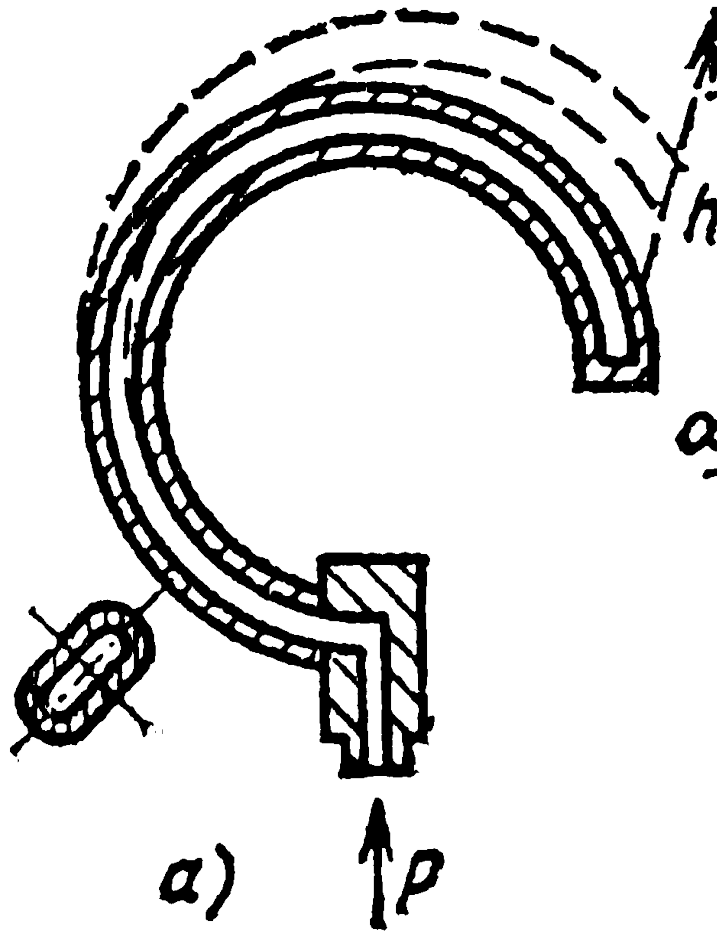
f - площа поперечного перерізу
скляної трубки

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

Деформаційні манометри

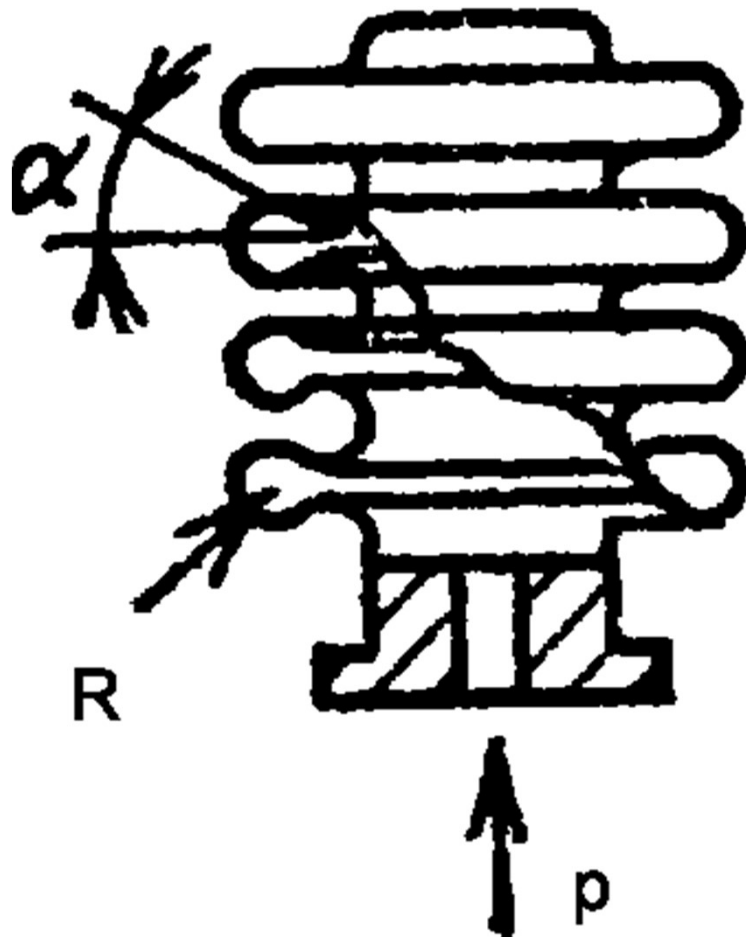
- трубчасті пружини;
- сифони;
- гофровані мембрани;
- мембранні коробки;
- м'яві (вялые) мембрани з жорстким центром.

Трубчаста пружина



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

Сильфон

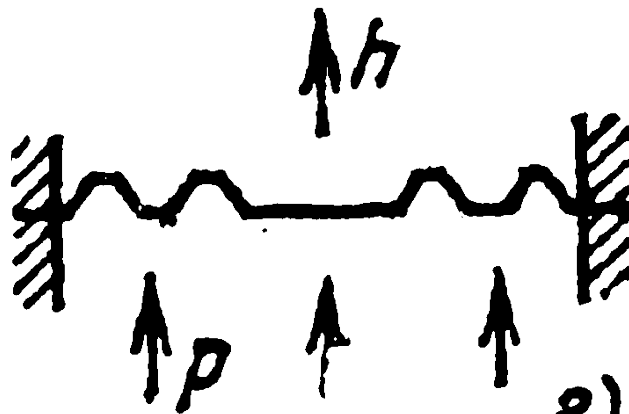
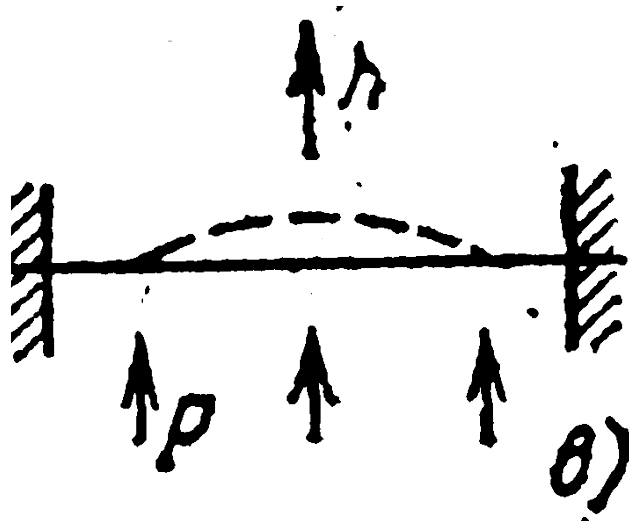


R - радіус закруглення
гофра

α - кут ущільнення гофра

h - переміщення робочої
точки

Мембранні чутливі елементи



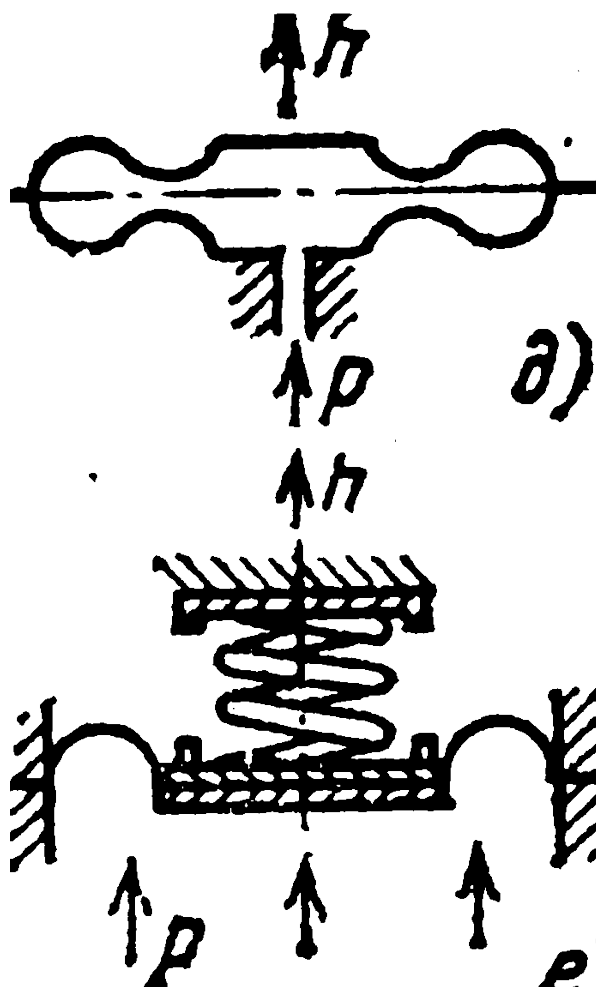
- плоска мембрана;

- гофрована мембрана:

S пільчасті;

S трапецеїдальні;

S синусоїдальні.



- мембранна
коробка
- млява (вялая)
мембрана

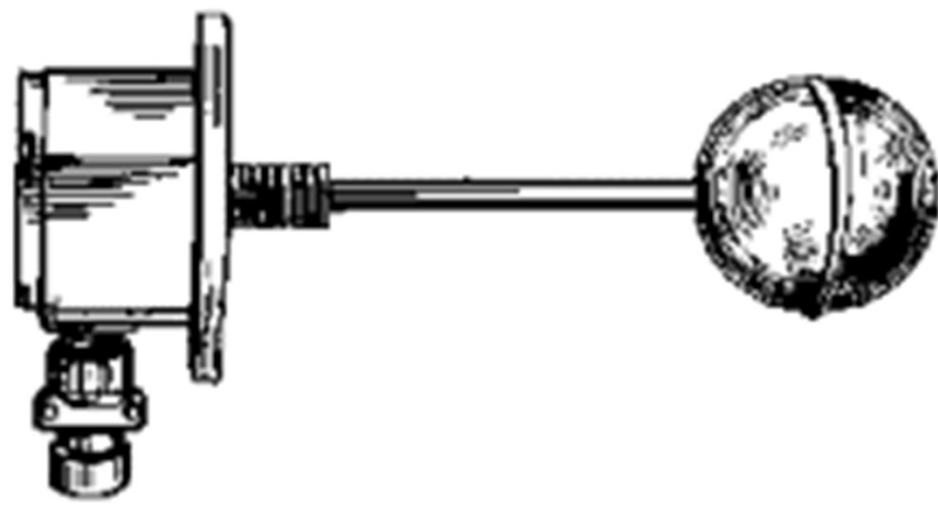
3. Принципи виміру рівня

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

Поплавковий рівнемір

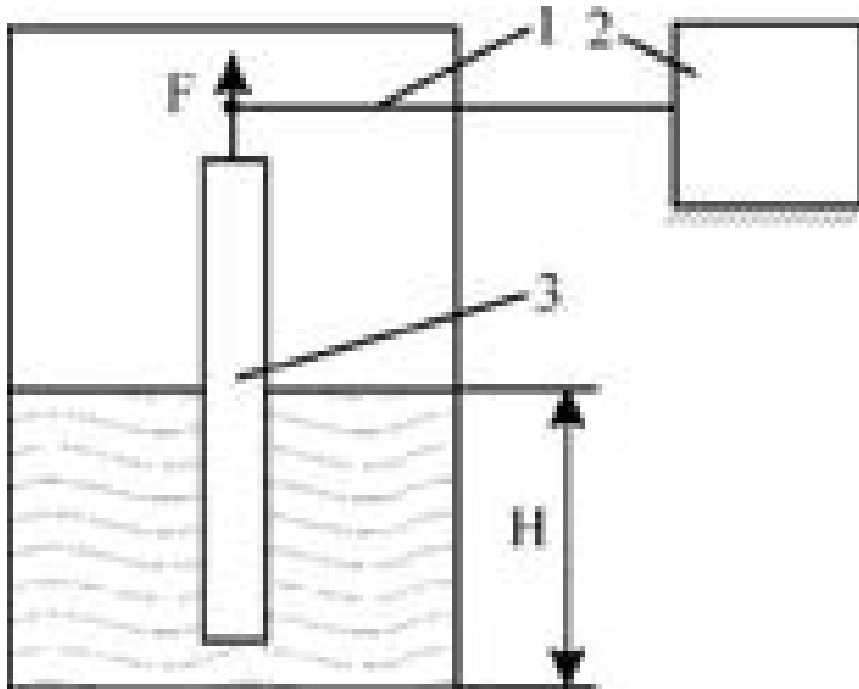
Є поплавець, що плаває на поверхні рідини, у результаті чого вимірюваний рівень перетворюється в переміщення поплавця. У таких приладах використовується легкий поплавець, виготовлений з корозійностійкого матеріалу. Пристрій приладу, що показує, з'єднано з поплавцем чи тросом за допомогою важелів.

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



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

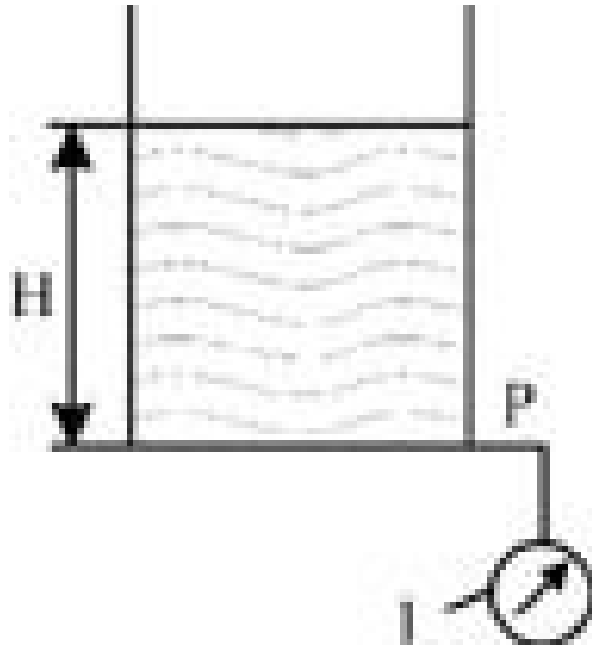
S - площа поперечного сечення буйка.

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.



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

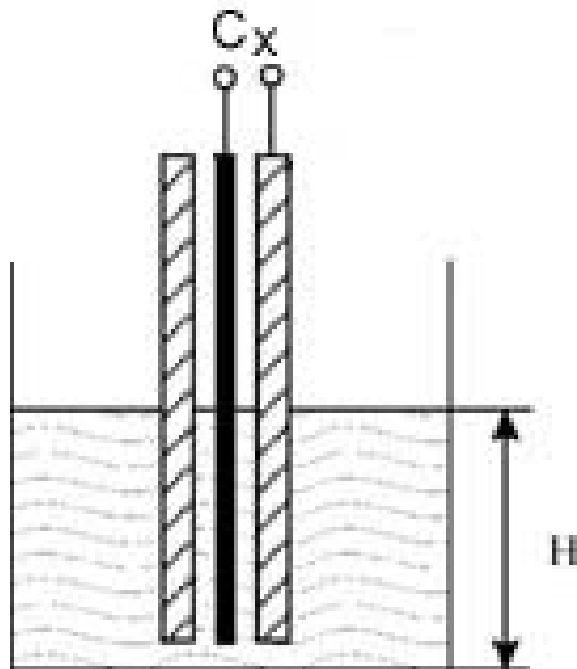
Рівень:

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

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.



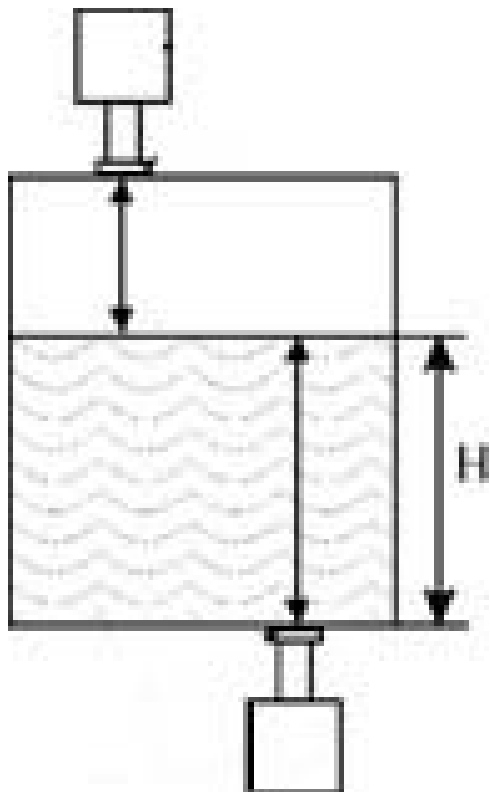
Недолік:

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.

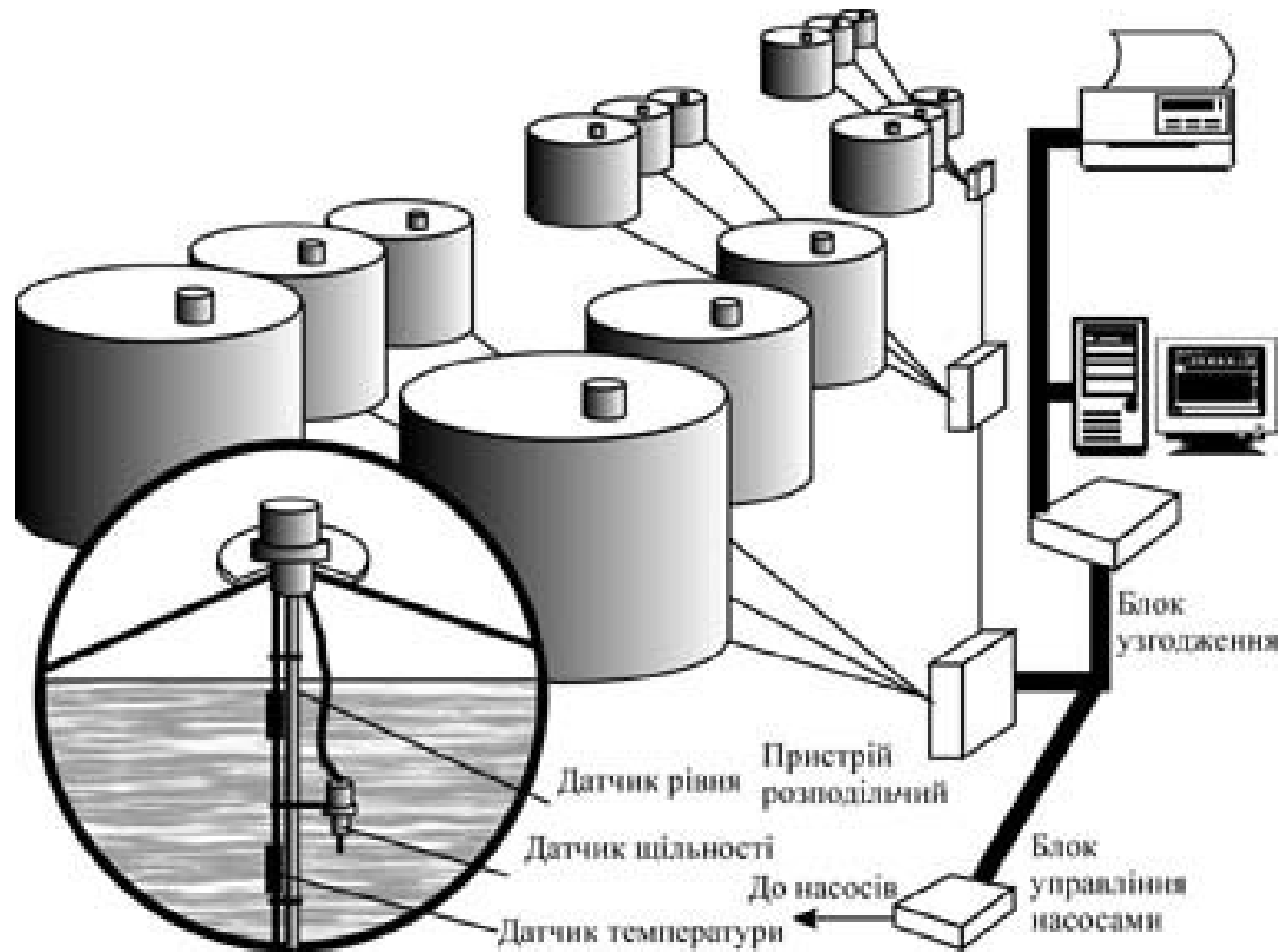


Схема контролю рівня «Резервуар-2» нафтосховища.

4. ПРИНЦИПИ ВИМІРУ ВИТРАТ

ОДИНИЦІ ВИМІРУ:

Об'ємна витрата Q

л/с;

$1\text{ м}^3/\text{с}=1000\text{ л/с}.$

Масова витрата G

кг/с.

$$G=\rho\cdot Q$$

ρ – щільність

Різновиди витратомірів:

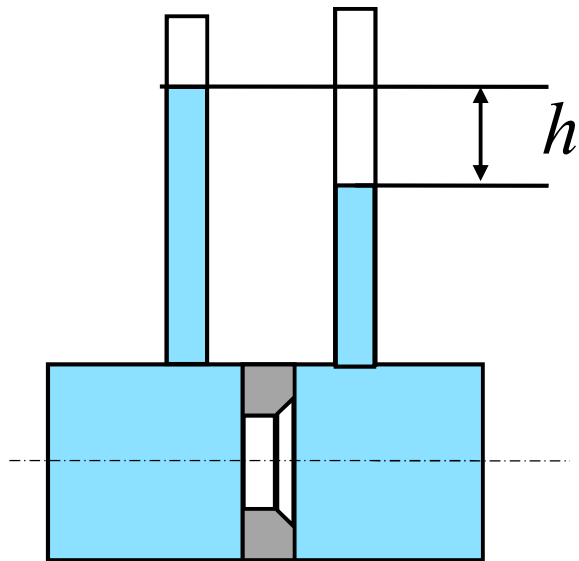
- змінного перепаду тиску з звужуючим пристроєм (витратомір змінного перепаду);
- постійного перепаду тиску (витратоміри обтікання);
- тахометричні витратоміри;
- електромагнітні витратоміри;
- ультразвукові витратоміри.

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:

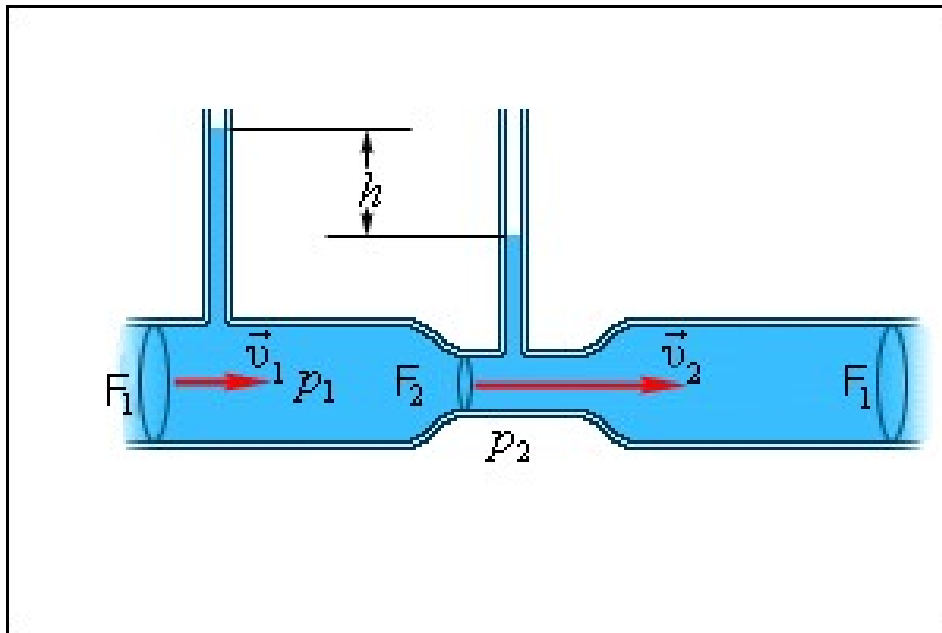
$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2}$$

Рівняння нерозривності

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

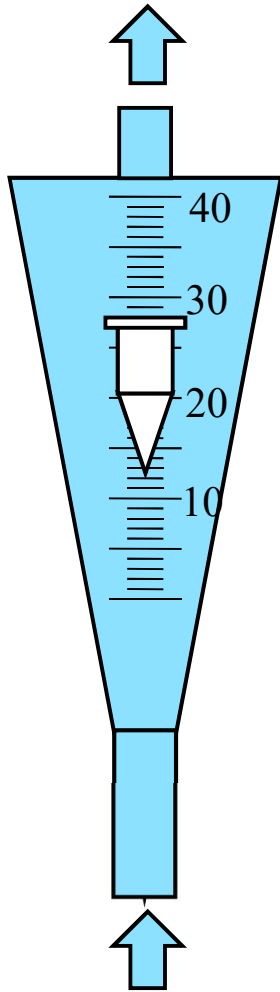
$$v_1 F_1 = v_2 F_2$$

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



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.

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

$$Q = A \cdot x$$

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

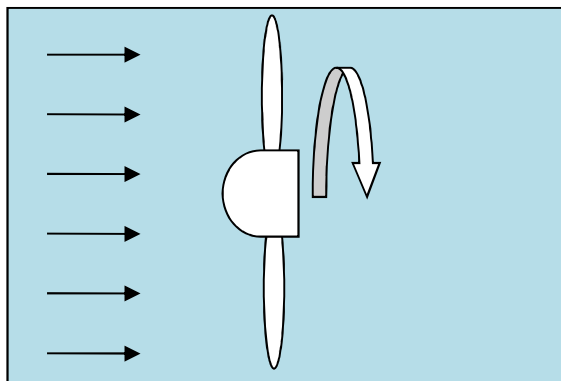
Ротаметр для виміру витрати в агресивних середовищах



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.

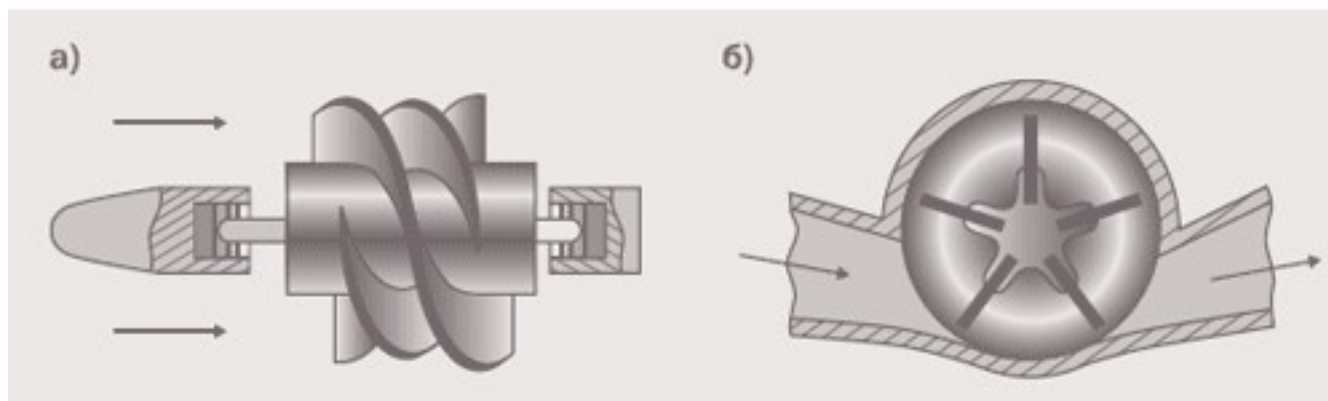


Переваги:

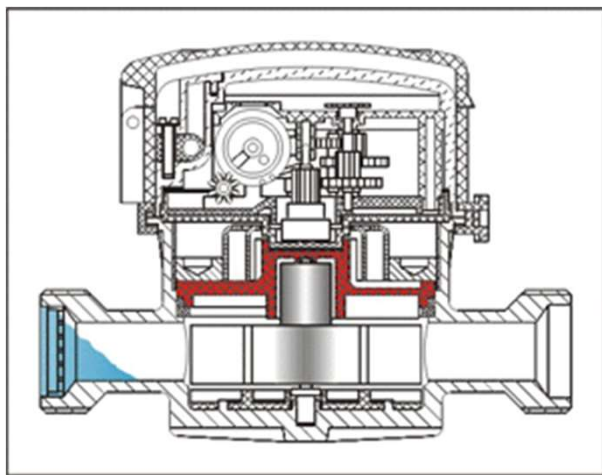
- лінійну характеристику;
- широкий діапазон виміру;
- мала інерційність;
- простота конструкції.

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

5. 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

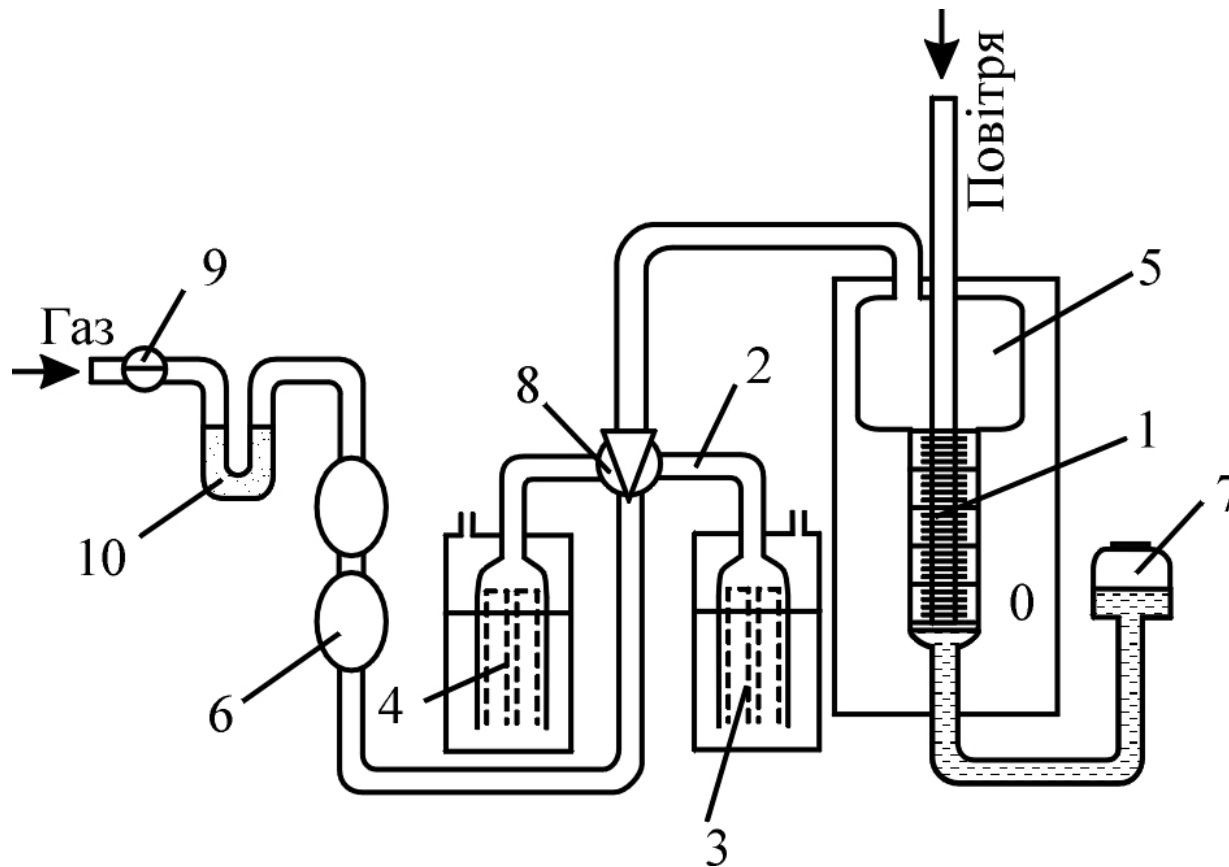
ХРОМАТОГРАФІЧНІ

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:

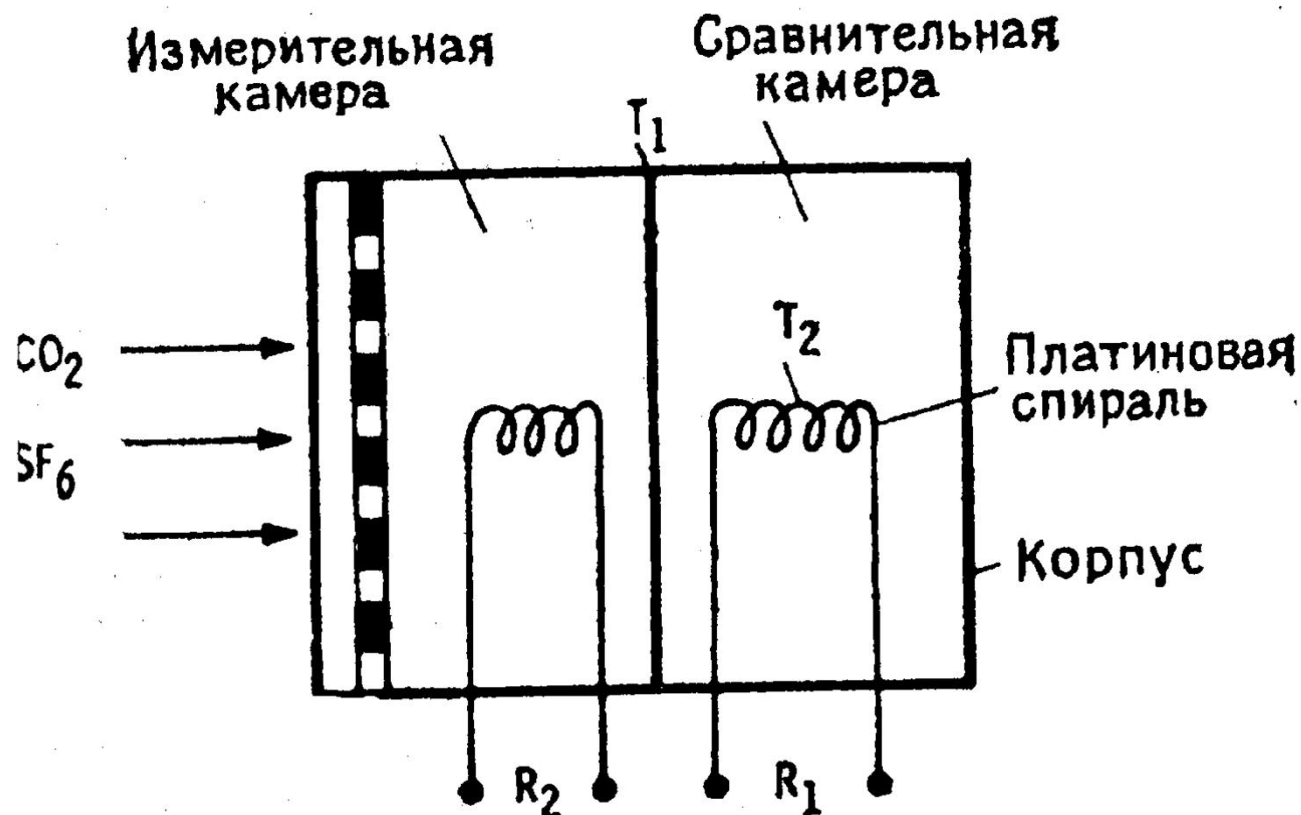
- низька точність аналізу (не вище 0,1–0,2%);
- періодичність дії;
- необхідність частої заміни реактивів;
- складність створення автоматичних приладів;
- громіздкість приладу через велике число елементів зі скла.

5.2. Теплові газоаналізатори:

5.2.1. Термокондуктометричні

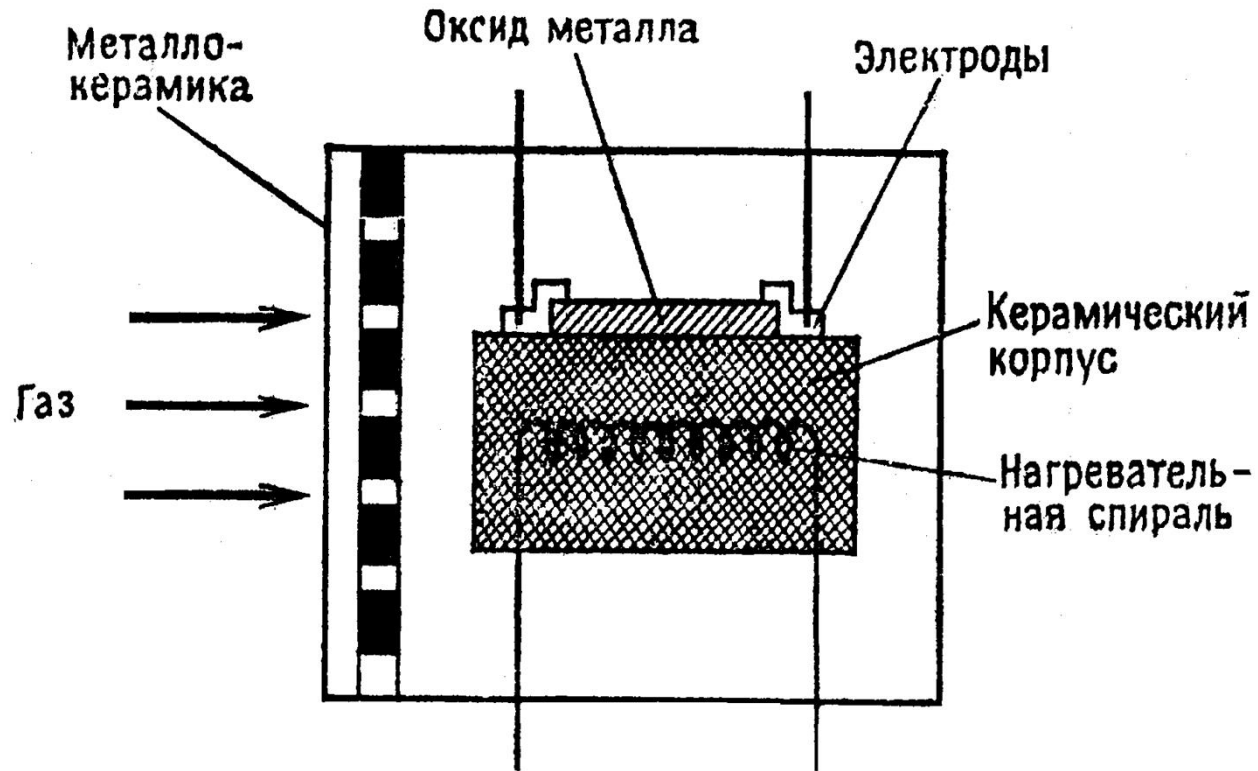
$$\lambda = \lambda_1 \cdot c_1 + \lambda_2 \cdot c_2 + \dots + \lambda_n \cdot c_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot c_i$$

Термокондуктометричні

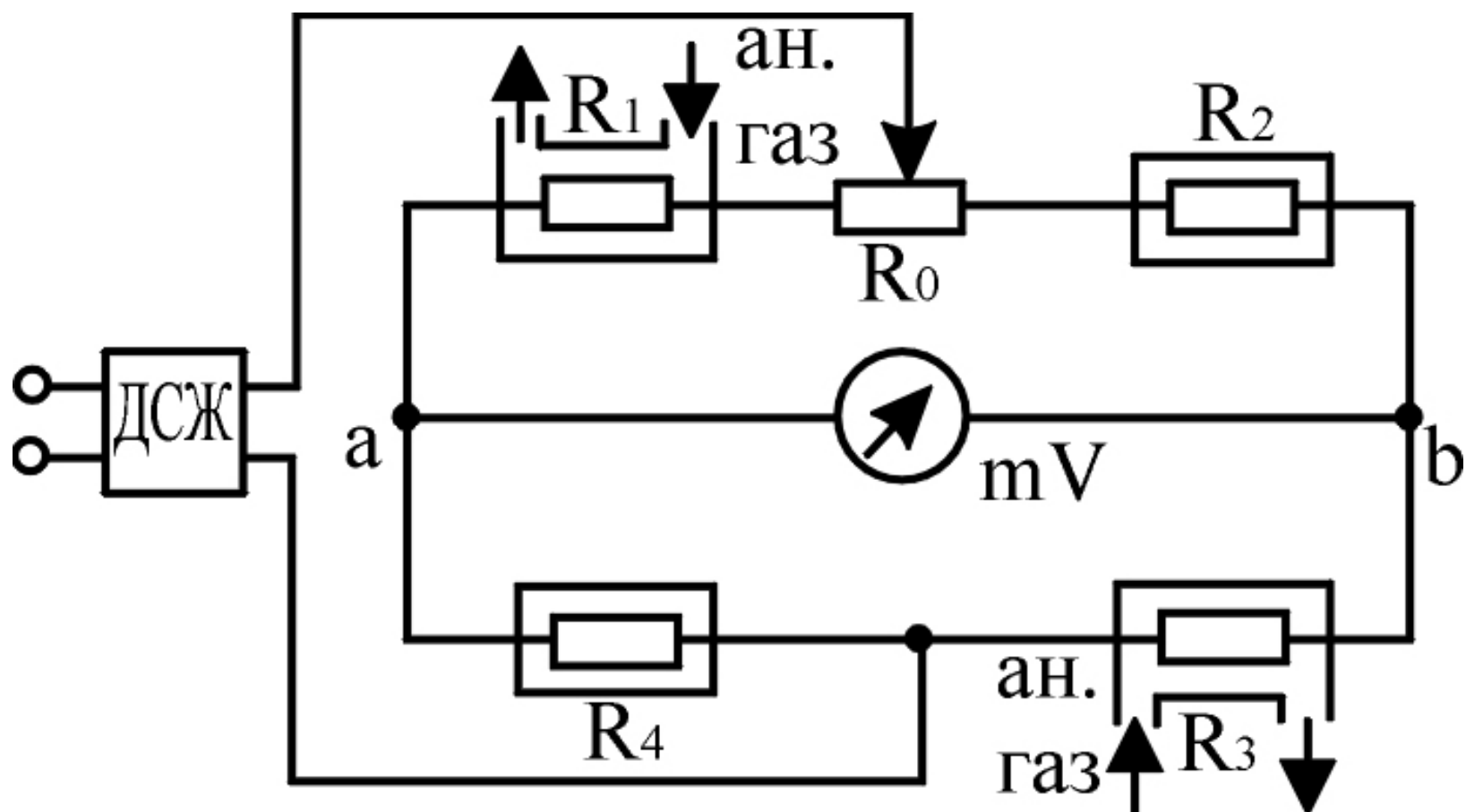


Визначають: H_2 , He , N_2 , HCl

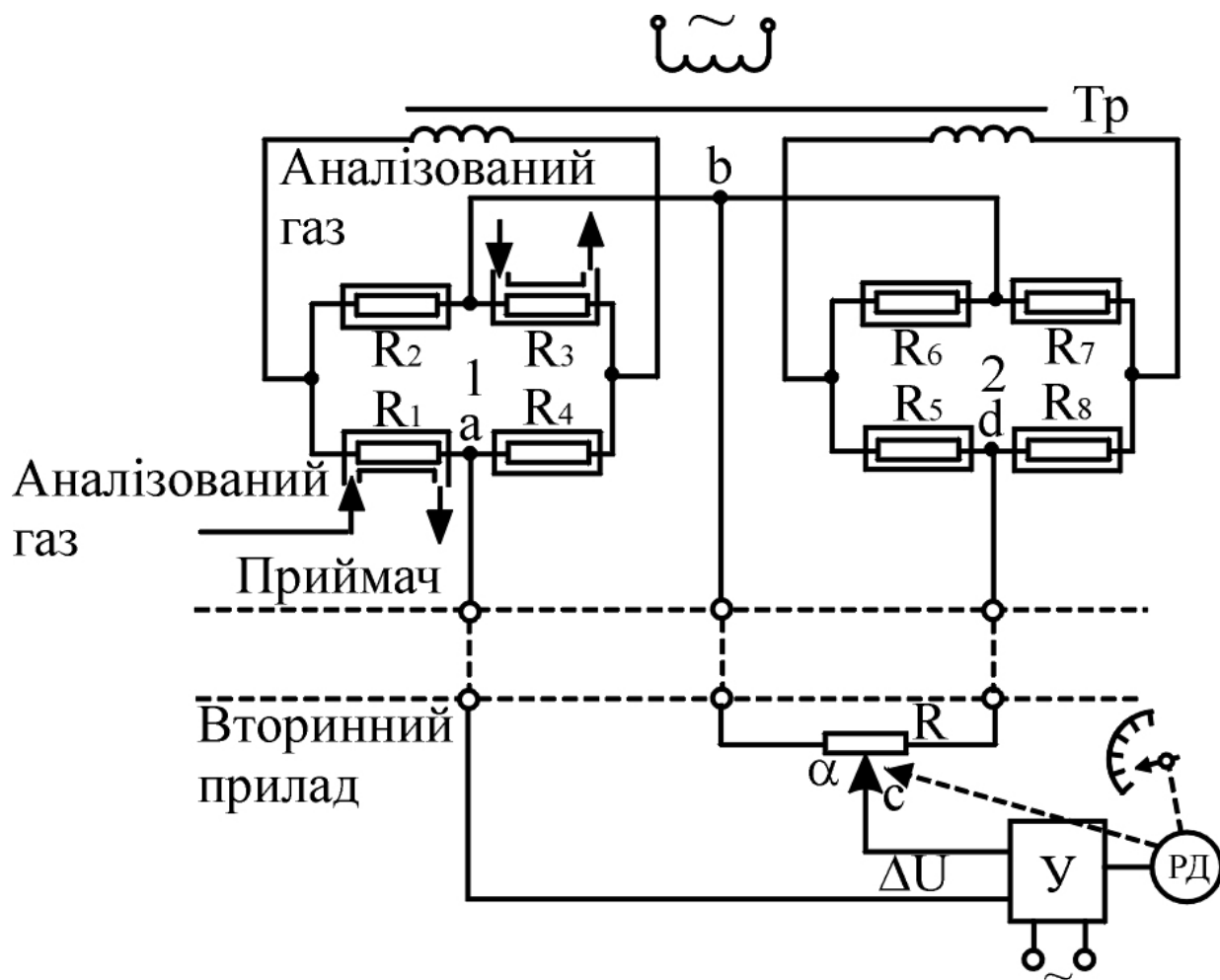
Напівпровідникові газоаналізатори



Термокондуктометричні



Автоматичний термокондуктометричний газоаналізатор

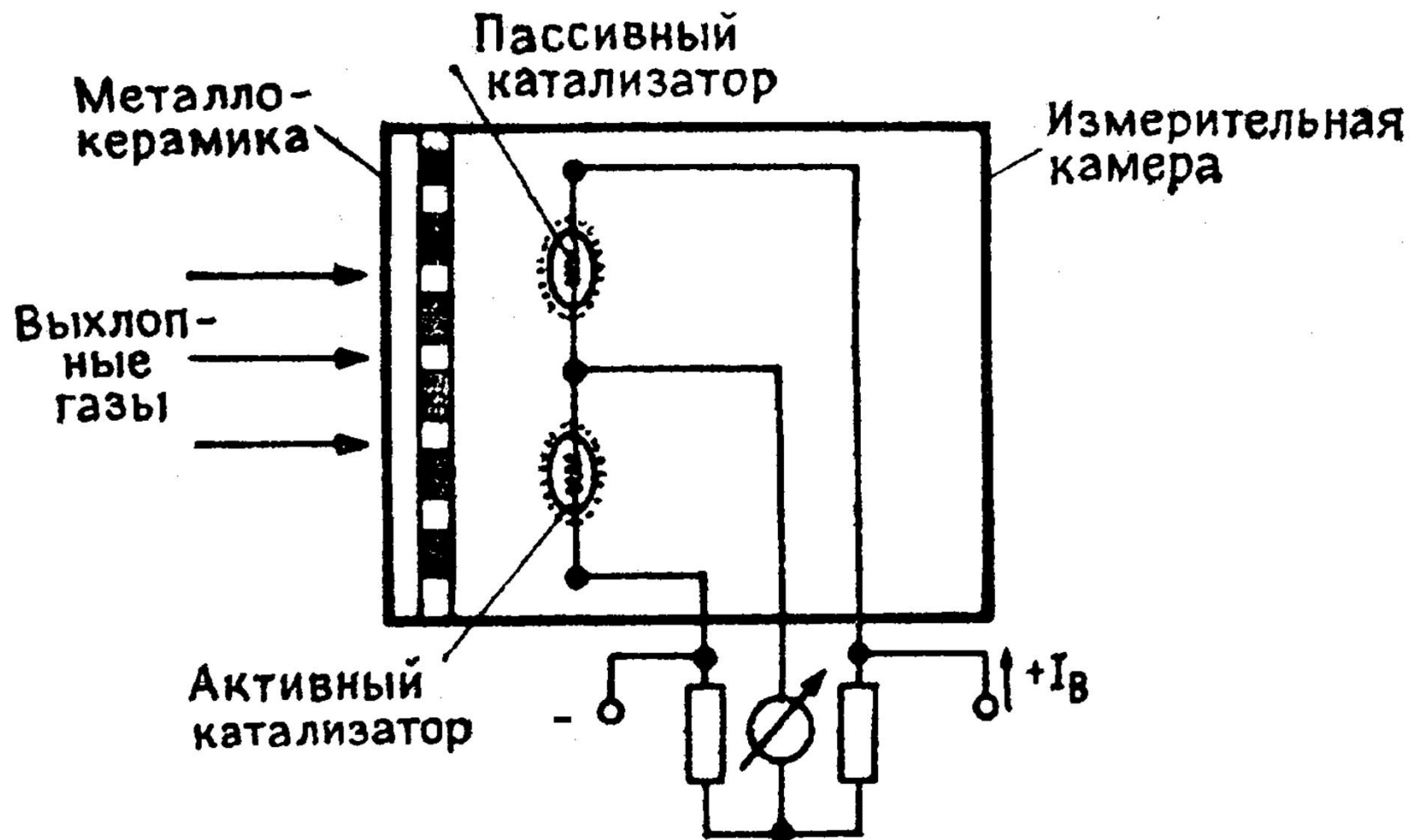


5.2.2. Термохімічні газоаналізатори

Визначають:

CO, H₂, O₂, NH₃, CH₄
бензин, ацетон, спирти.

- 1 група: реакція окислювання відбувається на поверхні нагрітої платинової нитки,
- 2 група: реакція окислювання відбувається на поверхні гранульованого каталізатору
гопкалит (60% - MnO₂, 40% - CuO)

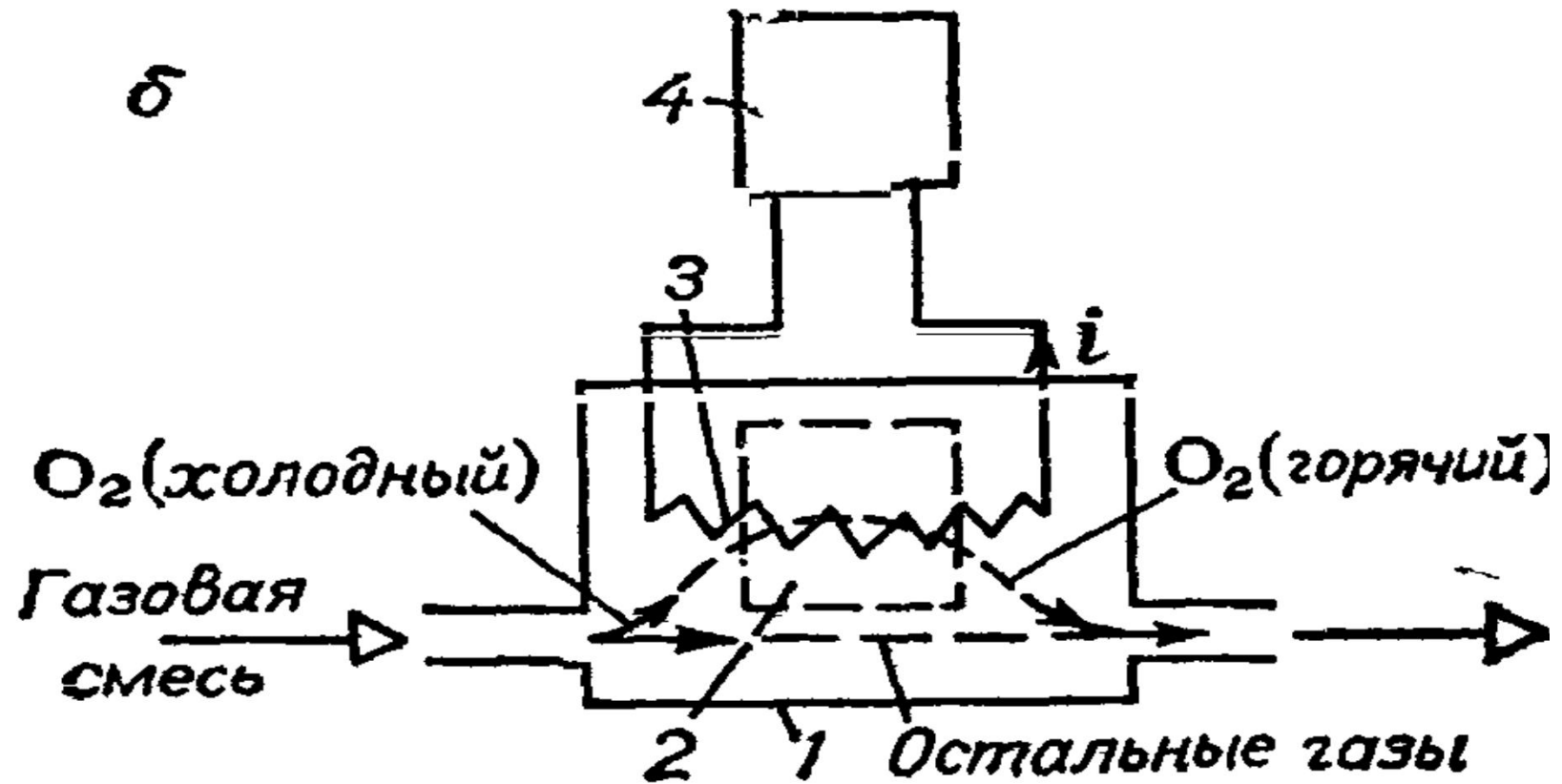


5.3. Магнітні газоаналізатори

Гази бувають - парамагнітні
діамагнітні

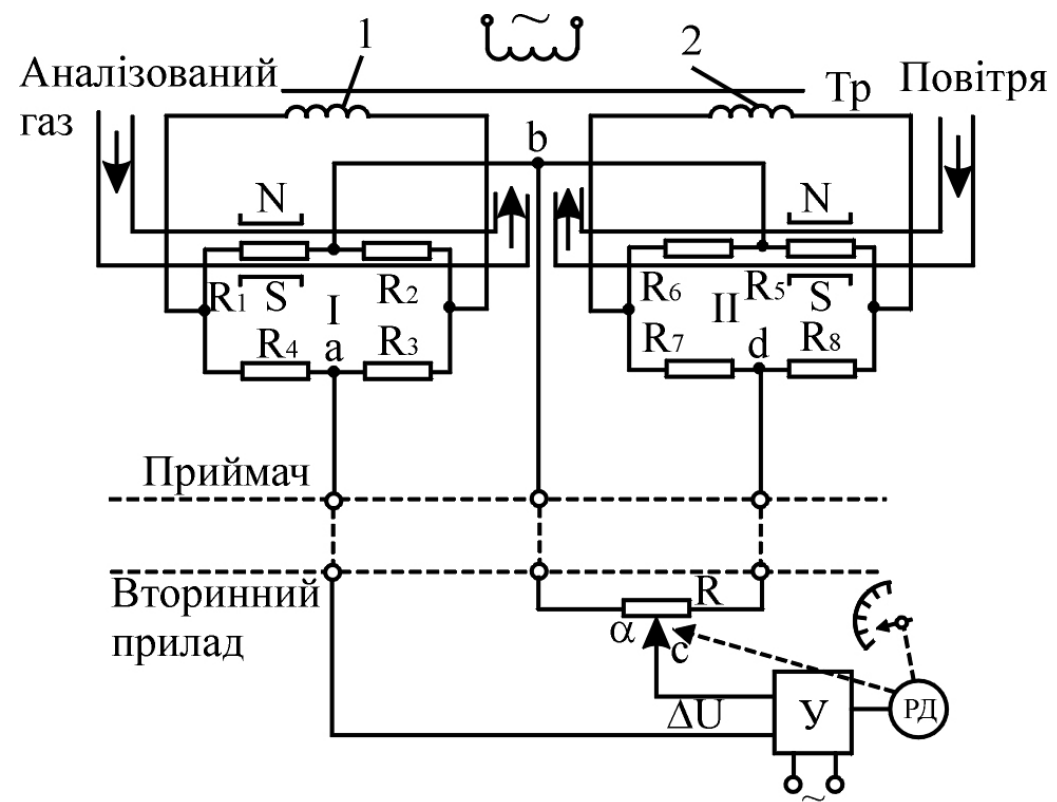
Об'ємна магнітна сприймальність:

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



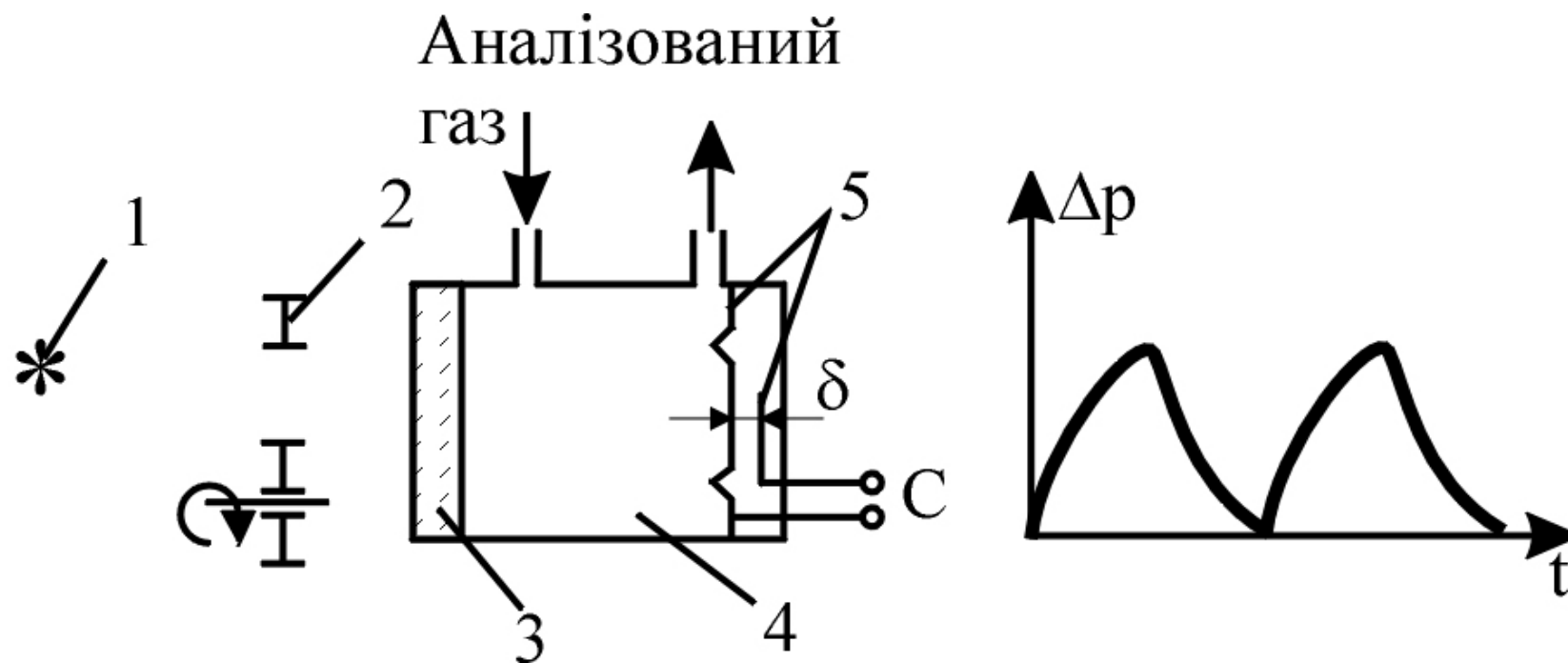
1 - камера; 2 - магнітна система;

3 - терморезистор; 4 – вимірювальний міст

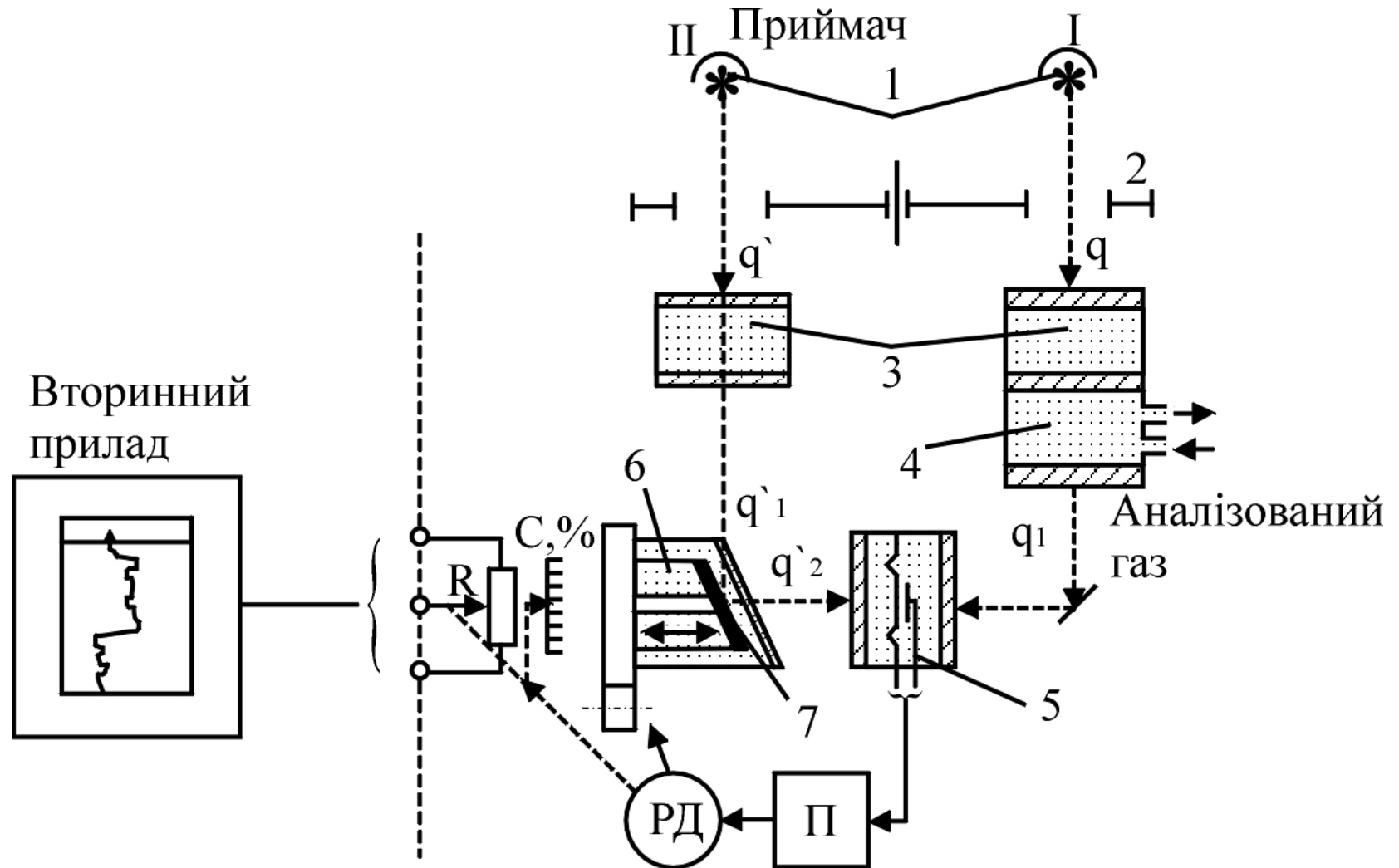


5.4. Оптичні газоаналізатори

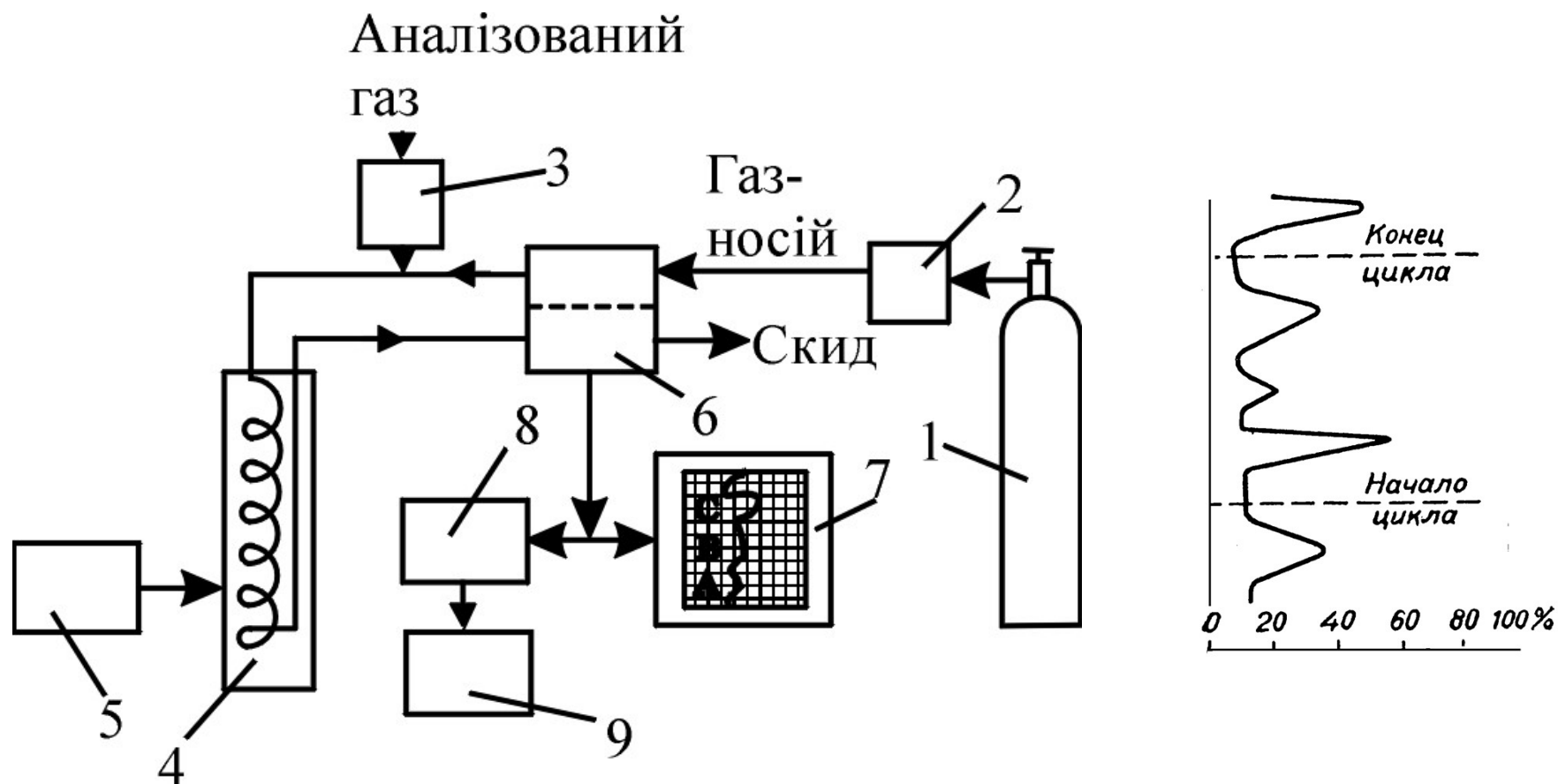
5.4.1. Інфрачервоного та ультрафіолетового поглинання.



компенсаційний метод



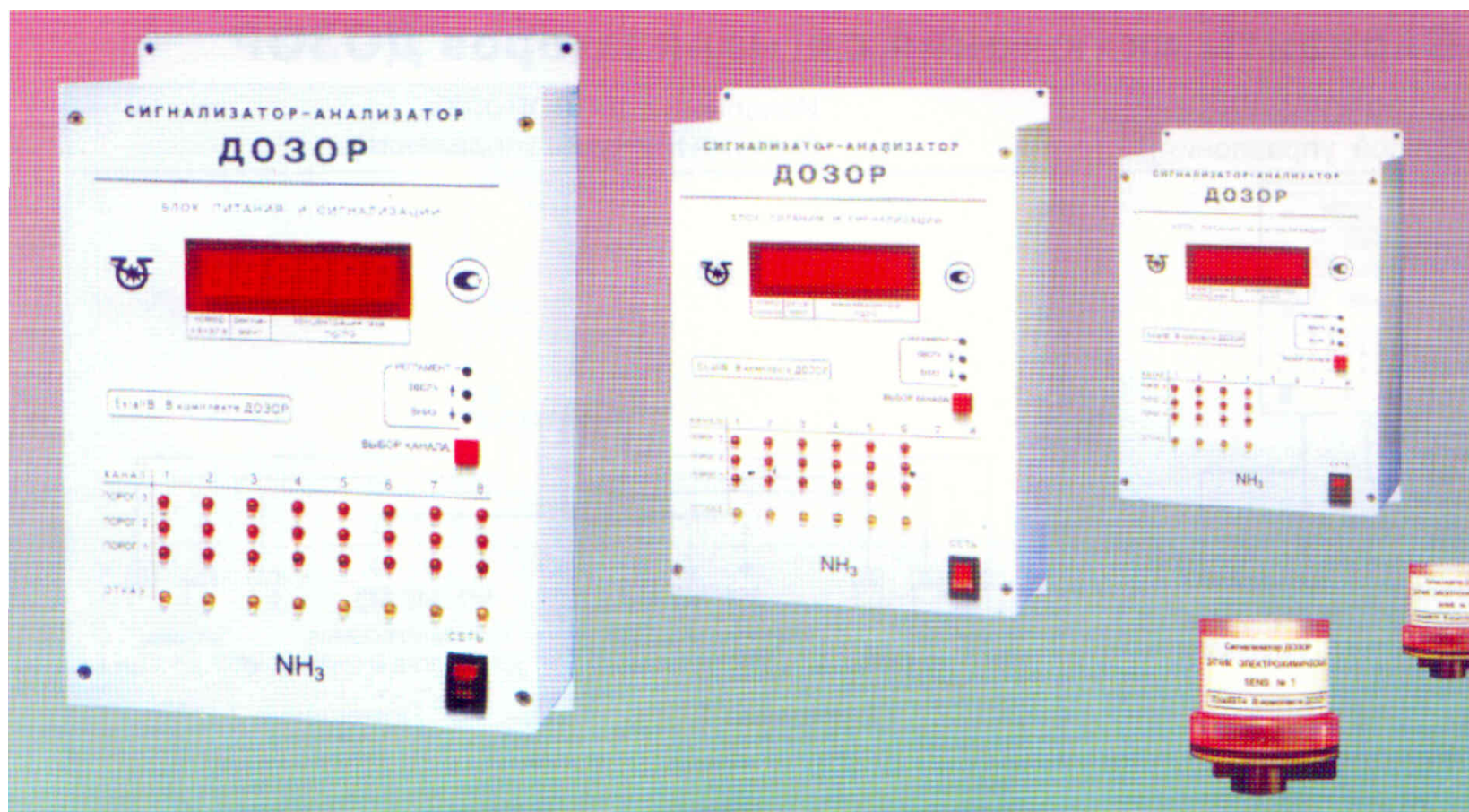
5.5. Хроматографічні газоаналізатори



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

5.6. Приклади технічної реалізації газоаналізаторів.

Сигналізатори ДОЗОР



Сигналізатори ВАРТА - 1



- **5.7. 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 м² 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.

6. ПРИНЦИПИ ВИМІРУ ЩІЛЬНОСТІ РЕЧОВИНИ

ОДИНИЦІ ВИМІРУ:

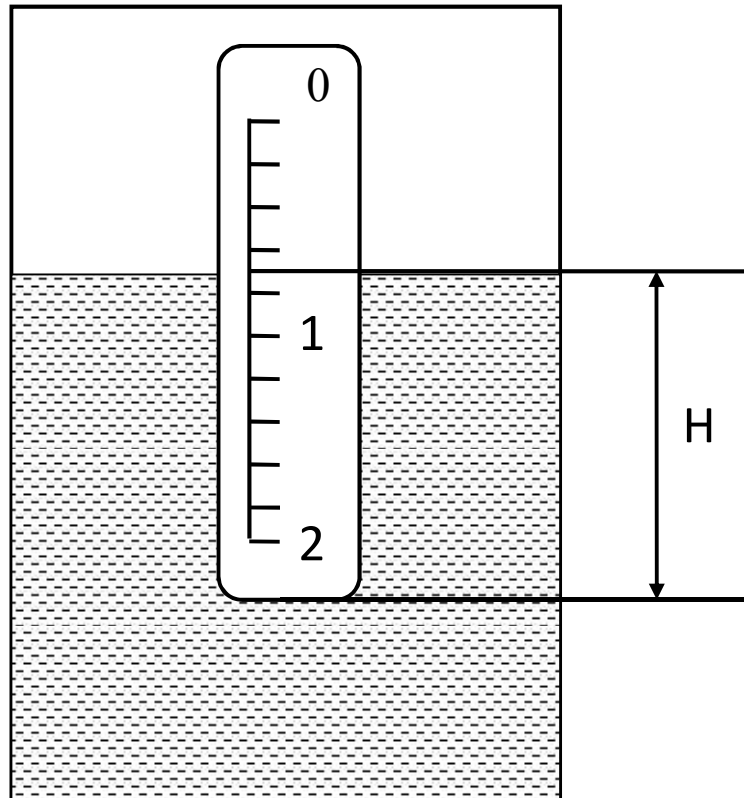
1кг/м³;

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.

7. 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>