

Основи побудови та застосування БМА

Будова та особливості функціонування діагностичної апаратури для дослідження дихання

Загальні положення

Як впливає з матеріалу попередньої лекції, з технічної точки зору *діагностична апаратура для дослідження дихання має, переважно, вимірювати:*

- 1) витрату та (або) швидкість повітря за вказаний проміжок часу;
- 2) вимірювати спектральний склад повітряної суміші при її вдиханні/видиханні.

В обох випадках людина дихає у трубку (загубник, хоча бувають винятки), до якої підключено через трубопроводи відповідні вимірювальні пристрої, від механічних (з рухомими частинами) до суто електронних (без жодної механічно рухомої частини).

Таким чином, це *витратоміри, у широкому сенсі (перша задача), та аналізатори спектрального складу газу (друга задача).*

Ремарка: прилади для вимірювання витрат – це витратоміри; для вимірювання кількості речовини – лічильники; для вимірювання швидкості потоків – анемометри.

Загальні положення

Витрата – кількість речовини, що протікає через переріз трубопроводу за одиницю часу.

Теорія щодо вимірювання витрат каже, у першу чергу, те, що **витрати бувають:**

- 1) **об'ємні** Q_V ($кг/с$; $г/с$ тощо);
- 2) **масові** Q_M ($м^3/с$; $л/с$; $л/хв$ тощо).

Тепер пригадаємо визначення:

Спірографія (СПГ) – метод графічної реєстрації зміни **об'єму** легенів при диханні.

Це вимірювання об'ємних витрат!

Загальні положення

Об'ємна витрата:

$$Q_V = vS.$$

Масова витрата:

$$Q_M = \rho vS.$$

Тут: v - середня по перерізу швидкість потоку;

S - площа перерізу трубопроводу;

ρ - густина середовища.

Загальні положення

Методи вимірювання витрат бувають:

- 1) **контактні** (з навантаженням потоку, а також з використанням рухомих та обертових елементів, занурених у потік) та **безконтактні** (без навантаження потоку, а також без використання рухомих та обертових елементів, занурених у потік);
- 2) **гідродинамічні** (силові, тобто силова взаємодія потоку та внесеного у нього тіла) та **швидкісні** (кінематичні, тобто вимірювання швидкості потоку, яка прямо пропорційна об'ємній витраті).

Гідродинамічні методи, у свою чергу, бувають:

- **статичні** (потік взаємодіє з нерухомим тілом). *Наприклад:* метод змінного перепаду тиску, вихровий, генераторний;
- **динамічні** (використовують рухоме тіло, яке здійснює поступальний, обертальний чи коливальний рух). *Наприклад:* метод постійного перепаду тиску, тахометричний, вібраційний).

Приклади кінематичних методів: метод міток потоку, ультразвуковий, індукційний, кореляційний, інтерферометричний, ЯМР тощо.

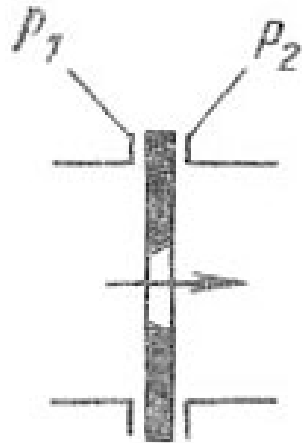
Загальні положення

Самі популярні методи:

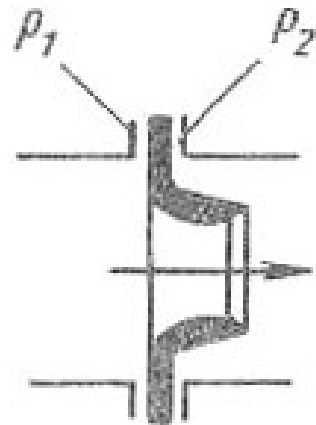
- 1) **змінного перепаду тиску** (використовують пристрої звуження);
- 2) **тахометричні** (крильчатка, яка здійснює обертальний рух);
- 3) **термоанемометричні** (нагрітий провідничок, що охолоджується потоком повітря);
- 4) **індукційний** (крильчатка, яка здійснює обертальний рух плюс закон електромагнітної індукції);
- 5) **постійного перепаду тиску** (ротаметри, переважно у вертикальних трубопроводах).

Метод змінного перепаду тиску

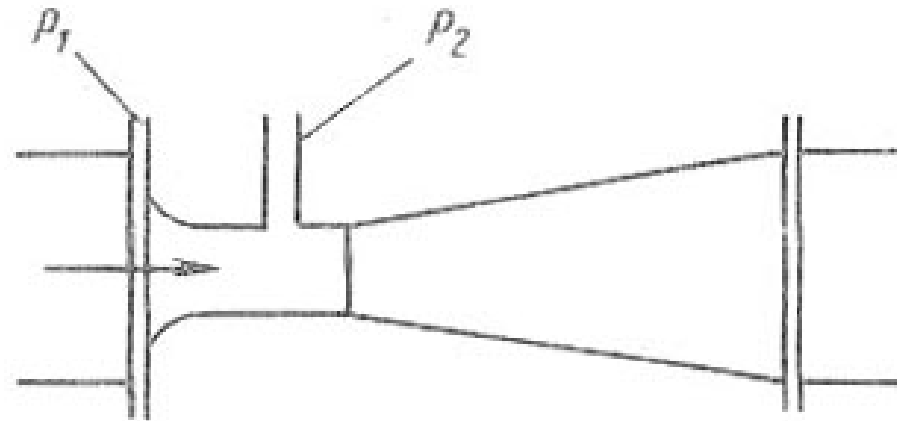
Метод базується на використанні пристрою звуження (діафрагма, сопло, труба Вентурі тощо), який створює перепад тиску, який вимірюватиметься диференціальним манометром.



Нормальна
діафрагма



Сопло



Труба Вентурі

Перепад тиску

$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

Метод змінного перепаду тиску

Таким чином утворюють градуовальну характеристику

$$\Delta p = f(Q),$$

з якої і визначають потрібні значення.

Базові вирази:

$$Q_v = \alpha S_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}},$$

$$Q_m = \alpha S_0 \sqrt{2\Delta p \rho},$$

α - коефіцієнт витрат пристрою звуження;

S_0 - площа отвору пристрою звуження;

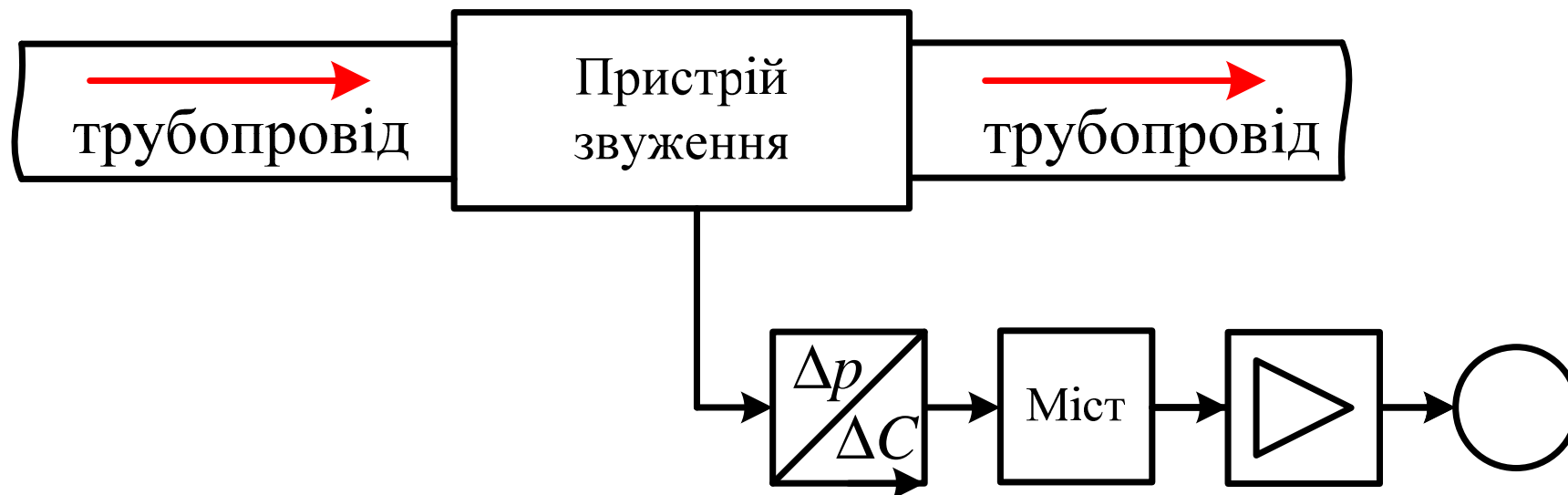
ρ - густина речовини.

Метод змінного перепаду тиску

Особливості робочих виразів:

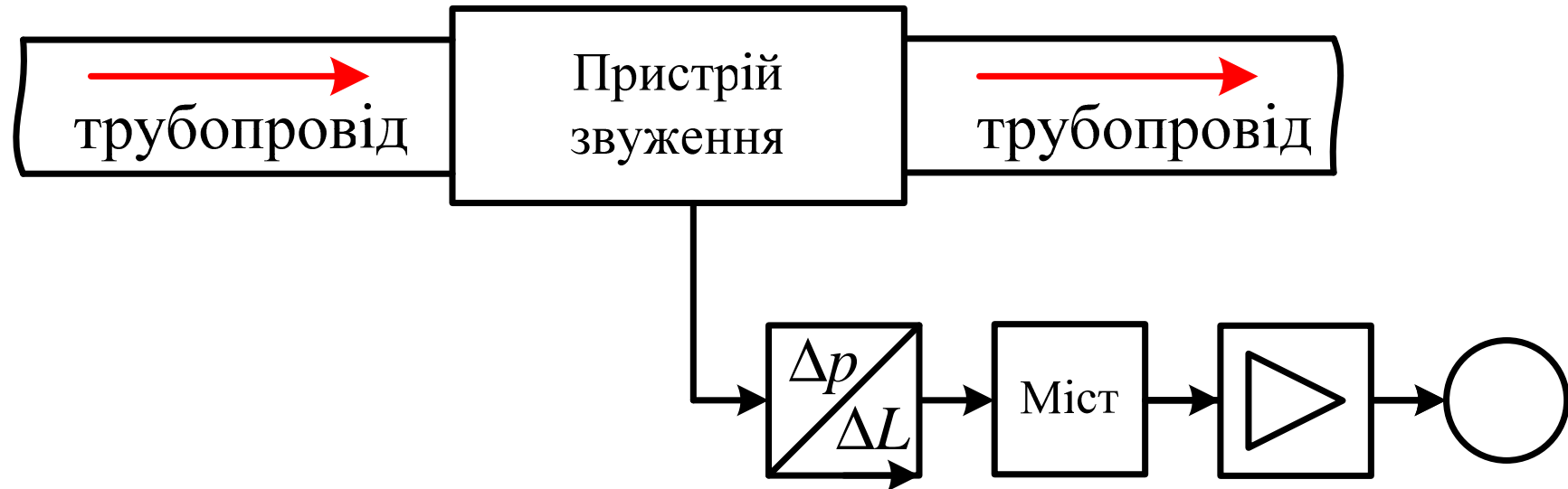
- 1) характеристики перетворення нелінійні;
- 2) пристрої такого типу, у даній задачі, здатні забезпечити перепад тиску близько 1...5 мм. рт. ст.;
- 3) витратоміри з такими пристроями звуження називають **дроселюючі витратоміри.**

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів



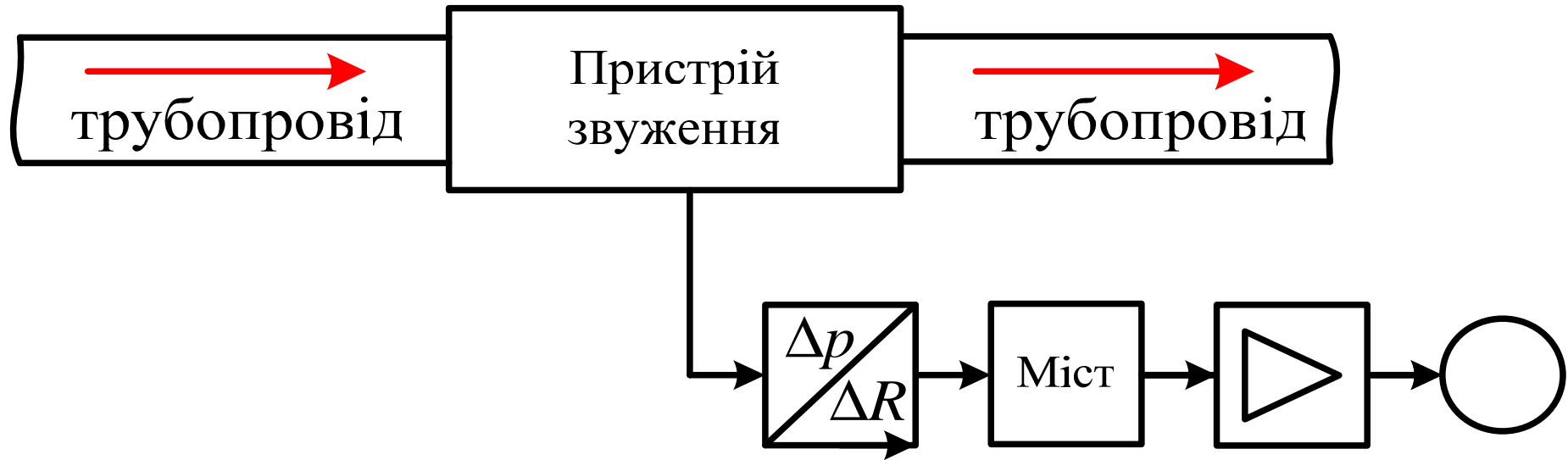
$$\Delta p \rightarrow \Delta C \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів



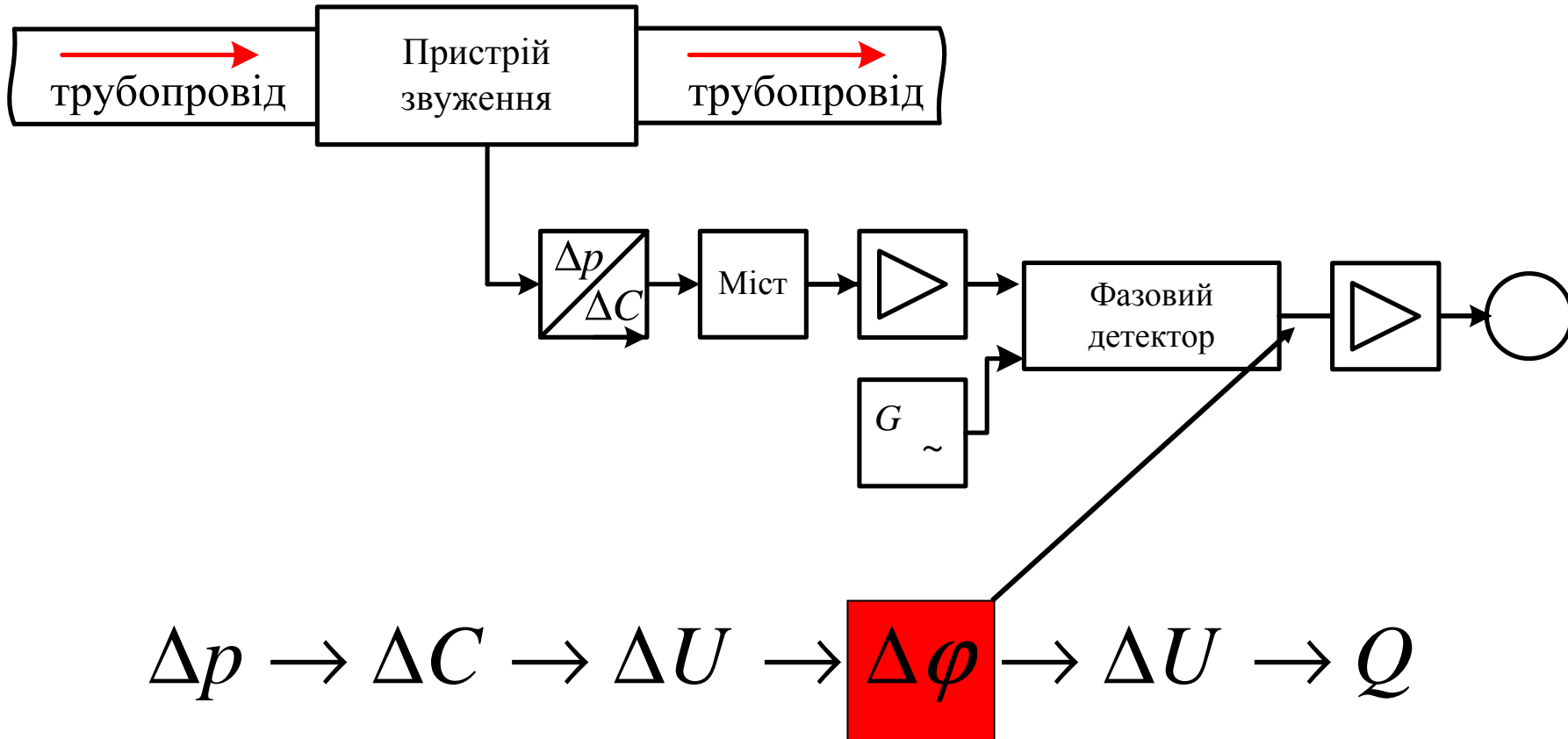
$$\Delta p \rightarrow \Delta L \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів

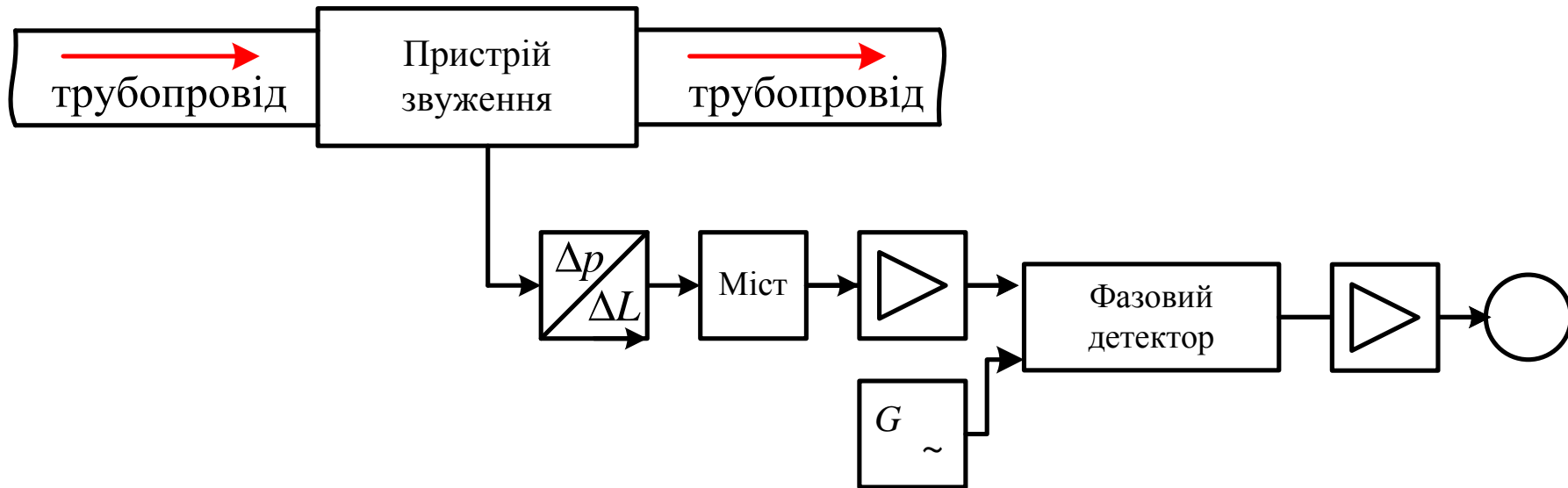


$$\Delta p \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів

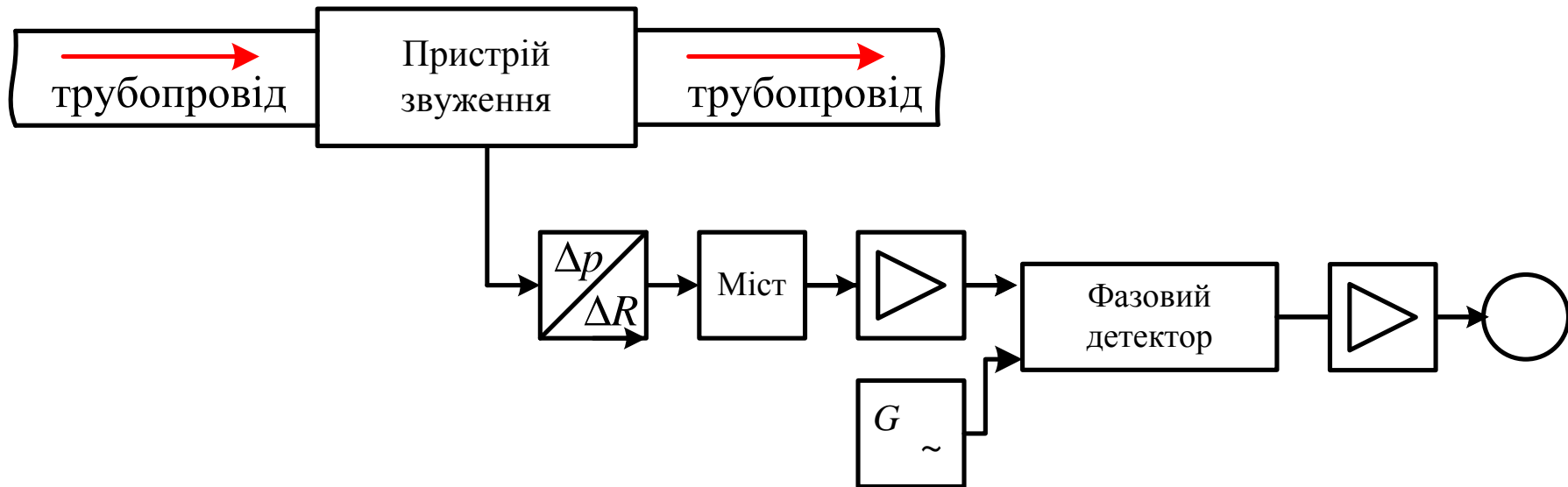


Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів



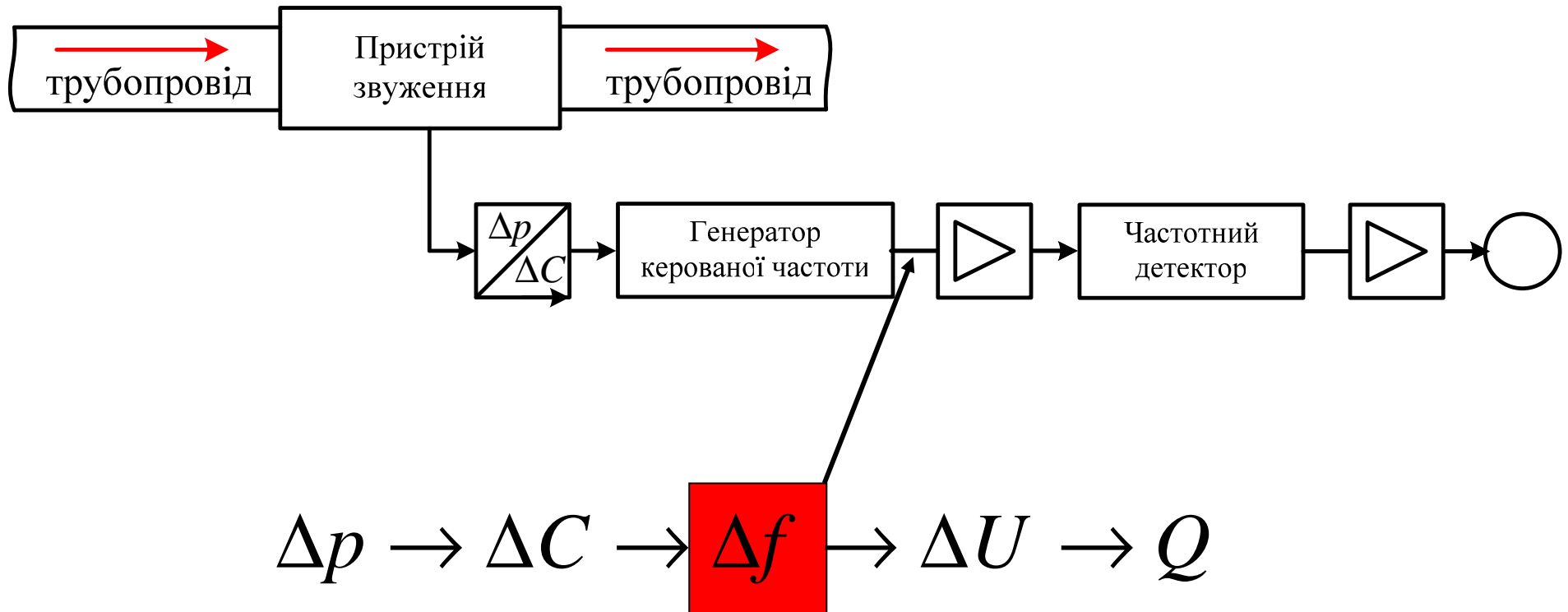
$$\Delta p \rightarrow \Delta L \rightarrow \Delta U \rightarrow \Delta \varphi \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів

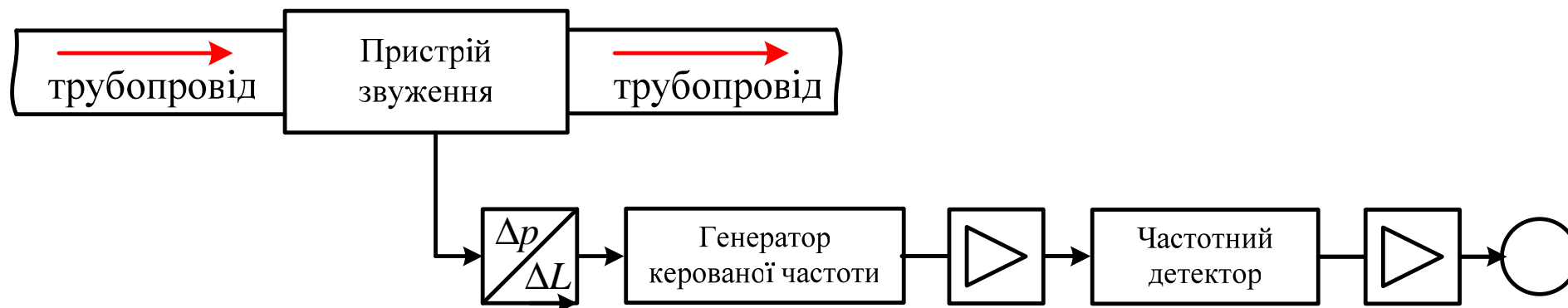


$$\Delta p \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta U \rightarrow \Delta \varphi \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів

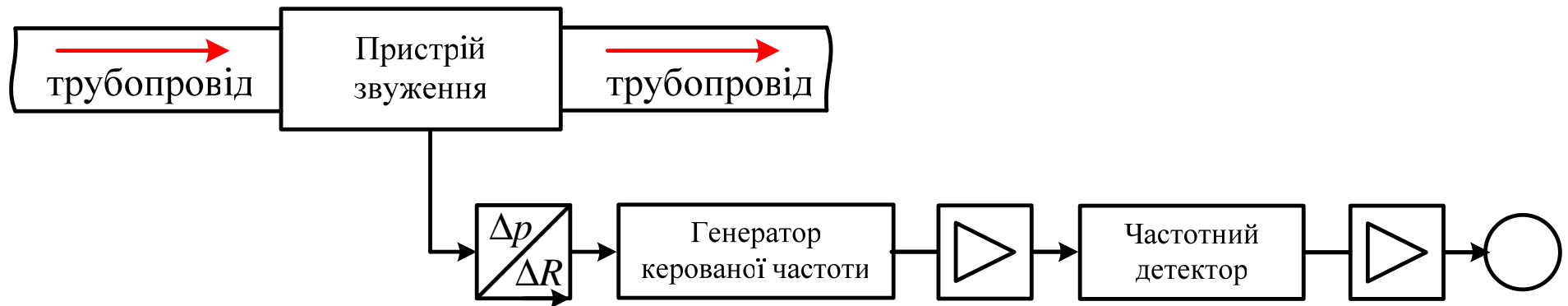


Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів



$$\Delta p \rightarrow \Delta L \rightarrow \Delta f \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів



$$\Delta p \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta f \rightarrow \Delta U \rightarrow Q$$

Варіанти структурних схем дроселюючих витратомірів

Переваги дроселюючих витратомірів:

- універсальність (для будь-яких однофазних, а у ряді випадків двофазних середовищ);
- придатні для вимірювань у трубах практично будь-якого діаметра і за будь-якого тиску;

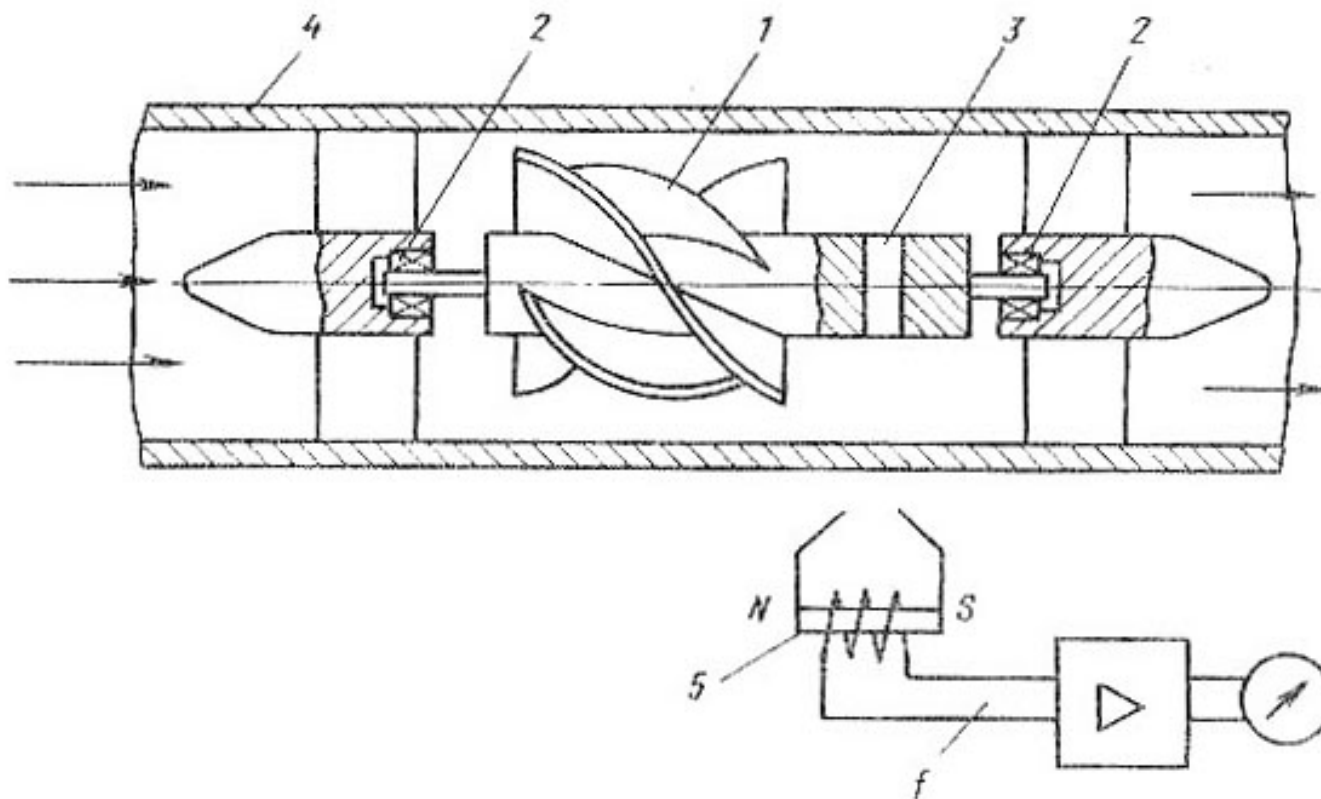
Недоліки дроселюючих витратомірів:

- нелінійна характеристика перетворення;
- невелике відношення максимальна витрата/мінімальна витрата, зазвичай до 3 (включно);
- складно використовувати для вимірювань пульсуючих потоків та змінних витрат.

Тахометричний метод

У тахометричних витратомірах швидкість руху робочого тіла пропорційна до об'ємної витрати.

Типи робочих тіл: турбінка (рисунок), кулька, шестерні.



1 – турбінка; 2 – підшипники; 3 – сталевий стержень; 4 – труба з немагнітного матеріалу; 5 – магнітний перетворювач.

Тахометричний метод

Разом з магнітним перетворювачем **на сьогодні часто використовують відбивну оптичну пару.**

Переваги тахометричних (турбінних) витратомірів:

- велике відношення максимальна витрата/мінімальна витрата, зазвичай більше 10;
- мала інерційність
- невелика похибка (долі процента);
- придатні для вимірювань змінних та пульсуючих потоків;

Недоліки тахометричних (турбінних) витратомірів:

- збільшення чутливості крильчатки вимагає збільшення кількості лопатей, що збільшує її момент інерції;
- такий витратомір вимагає індивідуального градуювання, оскільки його градуювання справедливе лише для одного розподілу швидкостей речовини по перерізу труби. При внесенні турбіни до труби іншого діаметра розподіл швидкостей буде іншим і градуювання зміниться.

Тахометричний / дроселюючий метод

Повітря людиною вдихається і видихається, тобто це змінний за напрямом потік.

Тахометричний метод інваріантний до цього, тому можна робити одноканальний прилад, додавши лише до нього пристрій (електронний), який розрізнятиме, у яку сторону крутиться турбінка.

Дроселюючий метод вимагає обов'язкового використання двоканальної системи, один канал якої для повітря, що вдихається, а інший - для повітря, що видихається. Перед загубником ці трубопроводи потрібно об'єднати в один, додавши два односторонніх (які пропускають повітря лише в одному напрямі) клапани.

Термоанемометричний метод

Суть методу: конвекційна віддача тепла нагрітого провідника (терморезистора) газовому потоку.

Рівняння теплового балансу при цьому має вигляд:

$$I^2 R = \xi S_T (T_{\Pi} - T_C),$$

ξ - коефіцієнт тепловіддачі, який залежить від швидкості руху середовища ;

S_T - площа поверхні терморезистора;

T_{Π} - температура провідника (терморезистора);

T_C - температура середовища

Перетворювачі термоанемометрів зазвичай включають у мостові кола.

Імпедансний ритмоспірометр

Це прилад для вимірювання частоти дихання.

Опір грудної клітини людини синхронно змінюється з частотою – це явище і використовують такі прилади.

Принцип його роботи: грудна клітина, якщо пропустити через неї струм частоти близько 150 кГц, виступить своєрідним амплітудним модулятором такого струму. Залишається лише підсилити такий амплітудно модульований сигнал, продетектувати та виміряти частоту цієї обвідної – вона за значенням і дорівнюватиме частоті дихання.