

## **УДК 621.121**

*Д.О. Синько, студент гр. ПМ-61м, д.т.н., проф. Коробко І.В.,  
В.О. Пташніченко, студент гр. ПМ-61м  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

### **ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ НА БАЗІ АКУСТИЧНИХ МЕТОДІВ**

**Анотація.** Розглянуто використання приладів та систем вимірювання витрати газу на базі акустичних методів для комерційного обліку газу. Визначено основні вимоги до приладів і систем реєстрації витрати. Здійснено огляд основних акустичних методів вимірювання витрати. Наведено основні технічні та метрологічні характеристики ультразвукових витратомірів а також їх переваги, недоліки та основні джерела похибок.

**Ключові слова:** облік газу, похибка, точність, витрата, ультразвуковий, акустичні, вимірювання, лічильник, витратомір, діапазон.

#### **ВСТУП**

В умовах реформування економіки та постійного подорожчання цін на паливно-енергетичні ресурси, виникла нагайна необхідність підвищення ефективності обліку природного газу, що у свою чергу відповідає інтересам як споживачів, так і постачальників. Одним із напрямів розв'язання такої задачі є точний контроль і облік природного газу.

Комерційний вузол обліку природного газу являє собою комплекс засобів вимірювальної техніки та допоміжних засобів для вимірювання, реєстрації та збереження результатів вимірювання і розрахунків об'єму газу, приведеного до стандартних умов. Вузол обліку газу складається з одного або кількох вимірювальних приладів: лічильника газу у комплекті із реєструвальними приладами температури і тиску газу; лічильника газу у комплекті з показувальними приладами температури і тиску газу; лічильника газу, вимоги до якого встановлюються нормативно-правовими і нормативно-технічними документами [1].

#### **ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ**

Основними вимогами до приладів та систем вимірювання витрати енергоносіїв є: висока точність; надійність вимірювань; широкий діапазон вимірювань та лінійність шкали (вимоги до статичної характеристики); мінімальна залежність точності вимірювань від зміни густини та в'язкості вимірювального середовища; не залежність результатів вимірювань від тиску і температури; мінімальна залежність метрологічних характеристик від умов експлуатації; високі динамічні характеристики (швидкодія); працездатність приладу при вимірюваннях витрати і кількості не тільки за нормальних, а і за екстремальних умов (за низьких або високих температур і тиску, при вібраціях та ін.); можливість вимірювання витрати широкої номенклатури речовин; вимоги до інформативних і неінформативних параметрів вихідного сигналу (переміщення покажчика шкали, частоти електричних імпульсів, напрузі, відношенню напруг, силі струму); забезпеченість метрологічною базою.

Моніторинг приладів і систем, які широко застосовуються у сучасній витратометрії, показує що найбільшого поширення отримали витратоміри та

лічильники кількості газу: змінного перепаду тиску, тахометричні, об’ємні, вихорові та ультразвукові.

### ВИТРАТОМІРИ НА БАЗІ АКУСТИЧНИХ МЕТОДІВ

Останнім часом набувають широкої популярності комерційні вузли обліку газу із вимірювальними перетворювачами витрати (ВПВ) на базі акустичних методів.

Ультразвуковими (УЗ) називаються ВПВ, засновані на вимірюванні залежного від витрати того або іншого ефекту, що з’являється при проходженні акустичних коливань крізь потік вимірюваного середовища.

Ультразвукові витратоміри зазвичай застосовують для вимірювання об’ємної витрати, бо ефекти, що виникають при проходженні акустичних коливань крізь потік газу, зв’язані зі швидкістю останнього. Але шляхом встановлення акустичного перетворювача, що реагує на густину газу, можна здійснити і реєстрацію масової витрати.

Ультразвукові ВПВ можна поділити на такі класи (Рисунок 1):



Рисунок 1. Ультразвукові лічильники

**Часово-імпульсний спосіб** (спосіб фазового зсуву), котрий здійснює вимірювання різниці фазових зсувів ультразвукових хвиль, які направляються за потоком та проти нього [3].

**Доплерівський метод** базується на доплеровському зсуві частоти ультразвукового сигналу, відбитого від часток вимірюваного потоку. Мірою витрати є різниця частот випромінюваного та відбитого сигналів [3].

**Метод вимірювання часу поширення ультразвуку** ґрунтується на вимірюванні різниці тривалості проходження коротких імпульсів, що направляються одночасно за потоком та проти нього [3].

Крім того, існує окремий метод визначення витрат, що базується на вимірюванні зміщення потоком ультразвукової хвилі, котра спрямовується перпендикулярно до напрямку руху середовища [3].

Витратоміри на базі акустичних методів у своїй конструкції не мають рухомих елементів, що у свою чергу позначається на простоті конструкції витратоміра та на його надійності. Оскільки УЗ ВПВ не мають рухомих та виступаючих у потік елементів, вони характеризуються малою втратою тиску у технологічній мережі. Але найбільшу популярність УЗ ВПВ здобули завдяки своїм технічним та метрологічним характеристикам, основні з яких наведені у таблиці 1 [4].

Таблиця 1. Технічні та метрологічні характеристики УЗ ВПВ

<i>Характеристика</i>	<i>Значення</i>
Похибка вимірювання, %	0.1..2
Номинальний діаметр, мм	10..1400
Діапазон вимірювання витрати, м <sup>3</sup> /год	0.1..130000
Робочий тиск, МПа	0.1..45
Робоча температура газу, °С	-40..+280
Температура зовнішнього середовища, °С	-40..+60

Але як і витратоміри інших класів УЗ мають ряд недоліків. Основними з яких є: складність вимірювальних систем та обробки даних, залежність показань від фізичних властивостей вимірюваного середовища та вплив гідрогазодинамічних показників потоку на точність вимірювання.

## **ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ПОХИБОК УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ВИТРАТИ**

**Вплив профілю швидкостей потоку.** Цей вплив зумовлений тим, що реальна епіюра швидкостей потоку газу при вимірюванні по хорді не має ідеальної форми, і для більш коректного визначення середньої швидкості плинину потоку вводять гідродинамічний коефіцієнт  $k$ , який залежно від режиму потоку змінюється від 0.75 (для ламінарного) та 0.92..0.97 для турбулентного режимів. Але він зростає при десятикратному збільшенні числа  $Re$ , а тому і витрати. Отже потрібно вводити відповідні додаткові корективи. Значний вплив на величину невизначеностей УЗ ВПВ має асиметрія швидкості потоку, які створюються місцевими гідравлічними опорами технологічної мережі, та просторова орієнтація самого приладу.

**Вплив швидкості розповсюдження ультразвуку.** Швидкість ультразвуку у газі істотно залежить від температури та його фізико хімічних параметрів. Тому для усунення цього впливу на точність ВПВ використовують автоматичну корекцію на зміни швидкості ультразвуку.

**Реверберація ультразвуку.** Цей вплив зумовлений тим, що прийомний п'єзоелемент, крім основної ультразвукової хвилі, сприймає також її ревербераційну складову, яка виникає в результаті багаторазових відбиттів УЗ хвилі від границь вимірюваного середовища зі звукопроводами і з п'єзоелементами. Основний внесок у ревербераційну хвилю дає перший паразитний сигнал, що приходить на прийомний п'єзоелемент після двократного відбиття від прийомного і випромінюючого елемента. Ревербераційні перешкоди істотно зменшуються у випадку застосування безконтактних перетворювачів з заломленням ультразвукової хвилі.

## **ВИСНОВКИ**

Використання приладів та систем вимірювання витрати газу на базі акустичних методів для комерційного обліку газу дозволяє досягти більшої ефективності і достовірності його обліку. Їхня популярність зумовлена досить високою точністю вимірювань, широким діапазоном вимірювання витрати,

робочих температур та тиску. Більшість недоліків акустичних методів вимірювання витрати з розвитком інформаційних технологій можна усунути використанням нових методів обробки даних, що у свою чергу зробить застосування УЗ ВПВ для комерційного обліку ще ефективнішим.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Електронна стаття [Режим доступу]: <http://eurogas.kiev.ua/services/design/vog-metering-of-natural-gas/commercial-metering-units-of-natural-gas-for-industrial-and-household-consumers/>
2. Автореферат дисертації Коробко І.В. Наукові принципи творення засобів вимірювання витрати плинних потоків технологічних мереж: автореф. дис. канд. тех. наук : спец. 05.11.01 «Прилади та методи вимірювання механічних величин» / Коробко Іван Васильович; КПІ, 2014. – 55 с.
3. Пістун С. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. — Львів: Видавництво ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. — 576
4. Електронний ресурс [Режим доступу ]: [http://sick.in.ua/wpcontent/uploads/2015/06/FLOWSIC600\\_1.1.pdf](http://sick.in.ua/wpcontent/uploads/2015/06/FLOWSIC600_1.1.pdf)