

# АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 618.31.05

С. Ю. Дементьєв, асп.

## ГРАДУЮВАЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНИЙ СТЕНД ДЛЯ НАПІРНИХ ТРУБОК

Запропоновано градуювальню-перевірочний стенд для напірних трубок, який адаптовано для роботи разом з еталонною перевірочною установкою УПЛГ-2500, що застосовується для перевірки механічних лічильників газу. Розроблено генератор імпульсів, частота яких залежить від витрати газу під час градуювання. Розглянуто принцип роботи стенду, який враховує особливості механічних лічильників газу.

Останнім часом при вимірюванні витрати газів, замість стандартних звужувальних пристроїв використовуються такі первинні вимірювальні перетворювачі, як напірні трубки (НТ), наприклад трубка Піто, та усереднювальні напірні трубки. НТ доцільно використовувати в трубопроводах або каналах з великим поперечним перерізом де складно, або неможливо встановити інші типи вимірювальних перетворювачів (ВП).

На відміну від таких первинних ВП як, наприклад, звужувальні пристрої [1], напірні трубки не мають достатньої нормативної та технічної бази для градуювання та перевірки. Зазвичай градуювання НТ проводять на спеціалізованому нестандартному стенді, або безпосередньо на об'єкті, де НТ планується встановлюватись. В даній роботі пропонується розробити такий градуювальню-перевірочний стенд для напірних трубок, який би міг адаптуватись для роботи разом з стандартною еталонною перевірочною установкою для перевірки механічних лічильників газу.

НТ призначені для створення перепаду тиску, пропорційного середній швидкості потоку в поперечному перерізі каналу. НТ використовуються у складі витратомірів змінного перепаду тиску, які можуть використовуватись в системах контролю і керування технологічними процесами, а також у вузлах обліку витрати та об'єму газів [2]. З точним виготовленням НТ досягається висока повторюваність вимірювання витрати потоку (з похибкою близько 0,5—1 %) [3]. НТ є простими за конструкцією, мають невелику собівартість, а також можуть застосовуватись для перерізів каналу будь-якої форми.

Як правило, для напірної трубки після її виготовлення необхідно виконати індивідуальне градуювання за допомогою атестованої еталонної установки. Це дасть змогу підвищити точність вимірювання витрати, а також врахувати систематичну інструментальну похибку, викликану особливістю виготовлення профілю НТ. На рис. 1 наведено приклад конструкції напірної трубки.

НТ створюють перепад тиску в залежності від динамічного тиску потоку та абсолютного тиску в каналі, тобто перетворюють кінетичну енергію потоку в динамічну, швидкість потоку  $v$  пропорційна перепаду тиску  $\Delta P$  і визначається за формулою

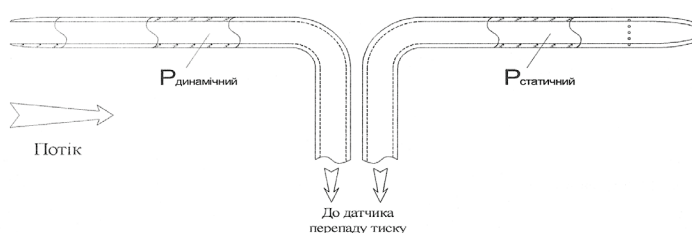


Рис. 1. Приклад конструкції напірної трубки

$$v = k \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (1)$$

де  $k$  — градуювальний коефіцієнт;  $\rho$  — густина газу в робочих умовах.

Визначивши за формулою (1) миттєву швидкість потоку, обчислюється миттєва витрата газу  $Q$

в каналі

$$Q = vS = kS \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (2)$$

де  $S$  — площа поперечного перерізу вимірювального каналу.

Протягом експлуатації НП у складі ІВС необхідно проводити її планову перевірку, а виготовляючи нові НП, необхідно забезпечити точне індивідуальне градуювання останніх.

На сьогодні в Україні найбільше використовуються еталонні перевірочні установки (ЕПУ) для перевірки механічних лічильників газу, зокрема ротаційних та камерних. При перевірці ЕПУ отримує від механічного лічильника, що перевіряється певну кількість електричних імпульсів та порівнює їх кількість з кількістю імпульсів еталона об'єму. Після цього розраховується похибка вимірювання об'єму газу механічного лічильника та робиться висновок про відповідність результатів перевірки метрологічним характеристикам даного лічильника газу.

Для успішного розв'язання задачі градуювання та перевірки НТ на базі наявної атестованої ЕПУ був створений спеціальний градуювально-перевірочний стенд (ГПС). ГПС працює в парі з перевірочною установкою, наприклад УПЛГ-2500 (виробник м. Івано-Франківськ). Установка УПЛГ-2500 призначена для випробувань, перевірки, градуювання і метрологічної атестації лічильників газу роторного і турбінного типів в процесах їх випуску з виробництва та експлуатації.

ГПС має вигляд функціонально завершеного мікропроцесорного блоку, який отримує необхідні для розрахунку витрати газу дані зі стандартних струмових датчиків тиску, температури та перепаду тиску на НТ. ГПС розраховує витрату та об'єм газу в робочих та нормальних умовах згідно математичної моделі вимірювання витрати газу [4].

ГПС видає імпульси з частотою відповідно до об'ємної витрати газу, імітуючи роботу механічного лічильника.

Приймаючи імпульси від ГПС, ЕПУ визначає об'єм, що нарахувала ГПС та оцінює її похибку. Використовуючи ГПС в парі з ЕПУ, можна не тільки виконати перевірку вимірювального перетворювача на базі НТ, але й провести градуювання напірної трубки будь-якої конструкції. На рис. 2 показано схему під'єднання ГПС для градуювання НТ.

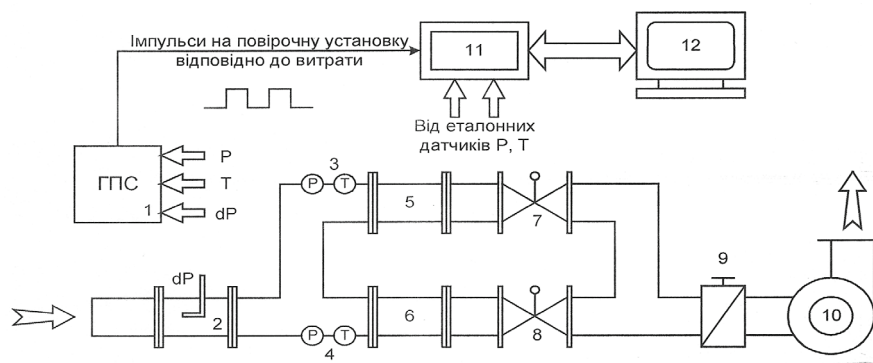


Рис. 2. Схема під'єднання ГПС до установки УПЛГ-2500:

- 1 — градуювально-перевірочний стенд; 2 — напірна трубка, що градується; 3, 4 — датчики тиску, температури; 5, 6 — робочі еталони об'єму; 7, 8 — засувки; 9 — регулятор витрати;
- 10 — вентилятор; 11 — пульт керування; 12 — комп'ютер

ГПС працює так. На вхід ГПС надходять дані з еталонних датчиків температури  $T$  та тиску  $P$ . ГПС також отримує сигнал перепаду тиску  $\Delta P$  з НП, що градується.

На початку градуювання НП в пам'ять ГПС необхідно ввести данні про густину газу  $\rho$ , на якому буде проходитись градуювання (зазвичай це повітря), площу поперечного перерізу  $S$  труби перевірочного стенду, кількість імпульсів на  $1 \text{ м}^3$  газу  $N_p$  «віртуального» механічно лічильника який ГПС імітуватиме.

Стенд для градуювання або перевірки НП працює в реальному часі. ГПС у своєму складі має програмний генератор частоти, в якому є можливість постійної зміни частоти в процесі градуювання. Генератор формує частоту імпульсів в діапазоні  $1 \dots 100$  Гц з відносною похибкою  $0,01 \%$ .

Генератор реалізовано на 32-розрядному таймері-лічильнику сигнального мікропроцесора ARM7 з попереднім подільником частоти. Подільник зменшує вхідну частоту 60 МГц до 12 МГц. Таймер-лічильник також містить регістр переповнення. Коли значення в лічильнику стає більшим за значення в регістрі переповнення відбувається переривання, під час якого в лічильник записується нульовий початковий код і генерується вихідний імпульс. Змінюючи значення регістру переповнення, досягається гнучка зміна частоти генератора в залежності від витрати газу.

Імпульси з генератора надходять на імпульсний вхід перевірконої установки УПЛГ-2500, імітуючи роботу лічильного механізму механічного лічильника газу. Після старту за формулою (2) ГПС постійно розраховує миттєву витрату газу та частоту  $F_{out}$ , за якою генератор формує імпульси

$$F_{out} = QN_p/3600, \quad (3)$$

де  $N_p$  — кількість імпульсів на  $1 \text{ м}^3$  газу «віртуального» механічного лічильника, який ГПС імітує.

В кожному циклі роботи ГПС визначає нову частоту та подає відповідні команди на генератор для корекції вихідної частоти  $F_{out}$ . Результатом градуювання напірної трубки будуть розраховані середні значення сумарного об'єму газу за допомогою ГПС ( $Q_{HT}$ ) та за допомогою ЕПУ ( $Q_{em}$ ). Розділивши середні значення сумарного об'єму  $Q_{em}$  на  $Q_{HT}$ , отримуємо шуканий коефіцієнт  $k$  градуювання напірної трубки, який зазвичай близький до одиниці:

$$k = \frac{Q_{em}}{Q_{HT}}. \quad (4)$$

### Висновки

Запропоновано градуювально-перевірочний стенд для напірних трубок, який адаптовано для роботи разом з еталонною перевірконою установкою УПЛГ-2500 для перевірки механічних лічильників газу. Використовуючи ГПС, можна виконати чергову перевірку вимірювального перетворювача на базі НТ, а також провести градуювання НТ будь-якої конструкції тими ж апаратними засобами, що й при перевірці механічних лічильників газу. Сформульовано вимоги для градуювання та перевірки вимірювального перетворювача — НТ. Розроблено принцип роботи ГПС, який враховує особливості механічних лічильників газу, що дає змогу в реальному часі змінювати частоту вихідних імпульсів в залежності від об'ємної витрати газу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пістун Є. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. — Львів: Вид-во ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. — 576 с.
2. Дементьев С. Ю. Контроль витрати повітря в отворах великого перерізу // «Нові технології». Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. — 2006. — № 2(12). — С. 234—235.
3. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник. — Івано-Франківськ: Сімик, 2004. — 160 с.
4. ГОСТ 8.563.1-97. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. — М.: Изд-во стандартов, 1997.

Рекомендована кафедрою автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки

Надійшла до редакції 12.02.08  
Рекомендована до друку 25.02.08

**Дементьев Сергей Юрійович** — аспірант кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки.  
Вінницький національний технічний університет