

ізоентальпійний. Проведено порівняльний аналіз математичних моделей процесу протікання газу через пристрій звуження, побудованих на основі рівнянь адіабатного та ізоентальпійного процесу. Для підтвердження адекватності моделей в умовах роботи пристроїв звуження на пунктах обліку природного газу необхідне проведення експериментальних досліджень, що дасть можливість розробити корегуючі залежності для усунення систематичних складових похибки вимірювання витрати газу за методом змінного перепаду тиску.

1. *Волосянко В.Д., Волосянко Л.С. Неврахований вплив температурного чинника на достовірність приладного обліку витрат природного газу // Нафтова і газова промисловість. – 2002. – №6. – С. 45 – 47.* 2. *Пістун Є.П., Учитель І.Л. Сучасні проблеми обліку природного газу // Матеріали III Всеукраїнської наук.-техн. конф. “Вимірювання витрати та кількості газу і нафтопродуктів”. – Івано-Франківськ, 2003. – С. 11.* 3. *ISO/DIS 5167-1. Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full. – Part 1. – 2000. – 37 p.* 4. *Поршаков Б.П., Бикчентай Р.Н., Романов Б.А. Термодинамика и теплопередача (в технологических процессах нефтяной и газовой промышленности): Учебник для вузов. – М., 1987.* 5. *Беляев Н.М. Термодинамика. – К., 1987.*

УДК 681.121.89

Р. Дебрянська, І. Стасюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ГАЗОДИНАМІЧНІ ЗАДАВАЧІ-ВИТРАТОМІРИ В СИСТЕМІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ КІЛЬКОСТІ ГАЗУ

© Дебрянська Р., Стасюк І., 2003.

The possibilities of application of gas dynamic throttle setting devices and flowmeters of gas for metrology test of home counters of an amount of natural gas are analyzed.

Вступ

Однією з найважливіших проблем, яку повинна вирішувати Україна в час свого становлення, є економія паливно-енергетичних ресурсів. Економія паливно-енергетичних ресурсів, зокрема природного газу, можлива лише у випадку раціонального їх споживання та точного обліку на всіх ділянках людської діяльності, починаючи від джерел постачання та закінчуючи споживачами. Ця економія через облік природного газу визначається точністю засобів вимірювань витрати і кількості (об'єму) газу.

Для вимірювання кількості природного газу в комунально-побутовій сфері застосовують переважно барабанні, роторні та турбінні лічильники кількості газу різних типорозмірів залежно від кількості та потужності обслуговуваних ними споживачів природного газу. В останні роки почали також розвиватися і знаходити застосування

ультразвукові лічильники кількості газу. Всі ці лічильники кількості газу відрізняються між собою як діапазоном вимірювання, так і точністю вимірювання, яку вони забезпечують. У таблиці як приклад для побутових роторних лічильників кількості газу типу РЛ виробництва ВАТ “Івано-Франківський завод “Промприлад”” наведені деякі технічні та метрологічні характеристики, зокрема: номінальне $Q_{\text{ном}}$, максимальне Q_{max} і мінімальне Q_{min} значення витрати газу, поріг чутливості $\Delta_{\text{чутл}}$ і основна відносна допустима похибка вимірювань $\delta_{\text{осн}}$.

Деякі технічні та метрологічні характеристики побутових роторних лічильників кількості газу типу РЛ

Типорозмір	$Q_{\text{ном}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$Q_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$Q_{\text{min}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$\Delta_{\text{чутл}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$\delta_{\text{осн}}, \%$
G2,5 РЛ	2,5	4	0,06	0,012	$\pm 1,5$
G4 РЛ	4	6	0,06	0,016	$\pm 2,0$
G6 РЛ	6	10	0,08	0,016	$\pm 2,0$
G10 РЛ	10	16	0,3	0,04	$\pm 1,0$

Під час калібрування, метрологічної атестації та перевірки лічильників кількості природного газу, призначених для комунально-побутового використання, необхідно встановлювати, забезпечувати чи перевіряти їх метрологічні характеристики.

1. Аналіз останніх досліджень

Метрологічні випробування лічильників кількості газу з метою забезпечення в Україні єдності вимірювань кількості (об'єму) природного газу здійснюють згідно з державною або галузевою схемою перевірки засобів вимірювань об'єму і об'ємної витрати.

Так, державна перевіркова схема згідно з ДСТУ 3383-96 [1] регламентує порядок передавання розміру одиниці об'єму і об'ємної витрати. У цьому стандарті визначено призначення державного спеціального еталона та встановлено основні засоби вимірювань, що входять до його складу, подано основні метрологічні характеристики еталонів і визначено порядок передавання розміру одиниці об'єму і об'ємної витрати газу від державного спеціального еталону за допомогою еталонних засобів вимірювань до робочих засобів, вказано похибки вимірювань і основні методи перевірки.

Отже, передавання розміру одиниці об'єму і об'ємної витрати газу від державного спеціального еталона до робочих засобів вимірювань здійснюється за допомогою робочих еталонів. Як робочі еталони використовуються дзвонові витратомірні установки, еталонні лічильники газу, перевіркові установки та еталонні витратоміри.

Для метрологічних випробувань побутових лічильників кількості природного газу в Україні застосовують перевіркові установки, зокрема і установки виробництва фірми “Темпо” (м. Івано-Франківськ). У 2001 році в Україні були наявні загалом 62 перевіркові установки [2]. Однак з нарощенням темпів виробництва та впровадженням побутових лічильників кількості природного газу в найближчій перспективі ці перевіркові установки не зможуть задовольняти потреби метрологічних служб.

Крім того, такі перевіркові установки не забезпечують високої точності при визначенні порога чутливості $\Delta_{\text{чутл}}$ досліджуваного лічильника кількості газу, який характеризує мінімальне значення витрати газу, яке сприймає чутливий елемент лічильника кількості газу і викликає зміну вихідного сигналу лічильника. Чим менше значення $\Delta_{\text{чутл}}$ і з

чим вищою точністю воно відоме, тим точніше можна враховувати найменші нещільності в побутових приладах, які споживають природний газ, і, відповідно, підвищити точність обліку природного газу в побутовій сфері.

Тому постало питання розроблення та дослідження газодинамічних дросельних задавачів-витратомірів газу як еталонних засобів вимірювальної техніки у діапазонах вимірювань побутових лічильників кількості природного газу.

2. Мета роботи

Метою роботи є дослідження газодинамічних дросельних задавачів-витратомірів газу в діапазонах вимірювань, що відповідають діапазонам вимірювань побутових лічильників кількості природного газу, та встановлення можливостей застосування таких задавачів-витратомірів у системі метрологічного забезпечення побутових лічильників кількості газу.

3. Дослідження та аналіз газодинамічних дросельних задавачів-витратомірів газу

Газодинамічні дросельні задавачі-витратоміри газу як еталонні засоби вимірювальної техніки з діапазонами вимірювань, що відповідають діапазонам вимірювань побутових лічильників кількості природного газу, можна виготовляти згідно з [3, 4, 5].

Структурно-функціональна блок-схема таких задавачів-витратомірів газу зображена на рис. 1. Задавач-витратомір у своєму складі містить первинний газодинамічний дросельний вимірювальний перетворювач витрати (ГДВПВ) 1, вторинний перетворювач – дифманометр 2, вторинний прилад 3, стабілізатор абсолютного тиску 4 з регулюючим клапаном 5 на лінії виходу газу, стабілізатор тиску газу 6 і систему 7 для стабілізації температури газу та елементів ГДВПВ. Стабілізатор абсолютного тиску 4, завдяки забезпеченню сталого заданого значення абсолютного тиску газу на виході ГДВПВ, сприяє зменшенню похибки вимірювань, викликаній зміною густини газу при зміні тиску газу на виході ГДВПВ внаслідок зміни, наприклад, атмосферного тиску. Система 7 термостабілізації досліджуваного газу та ГДВПВ призначена для усунення впливу на результати вимірювань температурних змін теплофізичних параметрів газу і конструктивних характеристик елементів ГДВПВ.

Отже, стабілізація температури досліджуваного газу і стабілізація його абсолютного тиску на виході перетворювача витрати дають змогу зменшити похибки вимірювання за рахунок змін в'язкості та густини газу при змінах його температури і тиску на виході перетворювача.

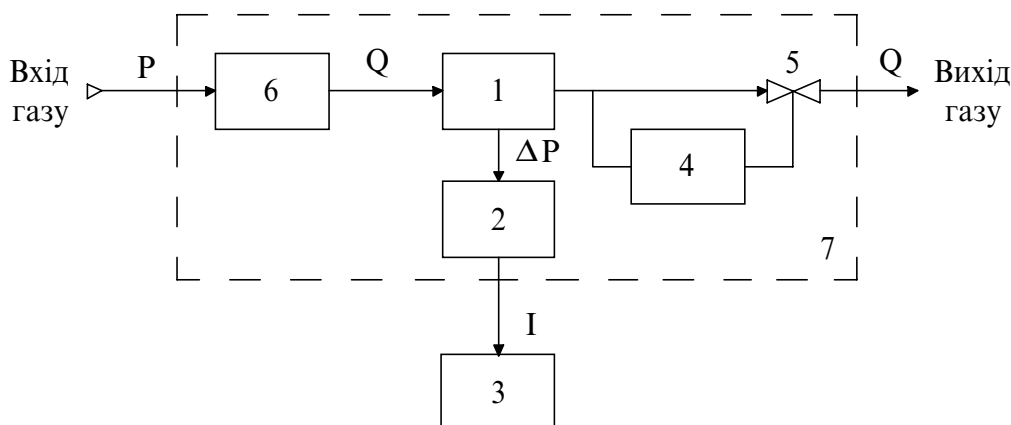


Рис. 1. Структурно-функціональна блок-схема газодинамічного дросельного задавача-витратоміра газу: 1 – ГДВПВ; 2 – дифманометр; 3 – вторинний прилад; 4 – стабілізатор абсолютного тиску газу з регулюючим клапаном 5; 6 – стабілізатор тиску газу; 7 – система стабілізації температури газу та елементів ГДВПВ

Первинний газодинамічний дросельний вимірювальний перетворювач витрати (ГДВПВ) такого задавача-витратоміра газу може бути побудований на основі ламінарних або турбулентних дросельних елементів [6], які загалом характеризуються нелінійними витратними характеристиками, що спричиняє нелінійність статичної характеристики вимірювального перетворювача витрати.

Газодинамічний дросельний метод вимірювання дає змогу покращувати ті чи інші характеристики вимірювального перетворювача за допомогою його схемної побудови на базі декількох дросельних елементів [7]. У цьому разі дросельні елементи у вимірювальній схемі поєднують між собою з врахуванням компенсації тих чи інших складових похибок або ж чинників, що впливають на нелінійність статичної характеристики вимірювального перетворювача витрати.

Одним з варіантів такої побудови дросельних вимірювальних перетворювачів витрати є їх побудова за схемою газодинамічного дросельного моста. При цьому, з метою підвищення точності вимірювання, розширення діапазону вимірювань і забезпечення лінійності статичної характеристики вимірювального перетворювача витрати, протилежні плечі моста повинні бути утворені з рівних за величиною гідравлічного опору ламінарних дроселів, відповідно виконаних у формі рівних за довжиною, довгих і рівних за довжиною, коротких капілярних трубок, що мають однакові торці та рівні внутрішні діаметри.

Принципова схема такого первинного газодинамічного дросельного вимірювального перетворювача витрати газу, виконаного згідно з [3], зображена на рис. 2. Перетворювач містить короткі 1 і 4 та довгі 2 і 3 капілярні трубки, включені між входною 5, вихідною 6 і проміжними 7 та 8 пневматичними камерами.

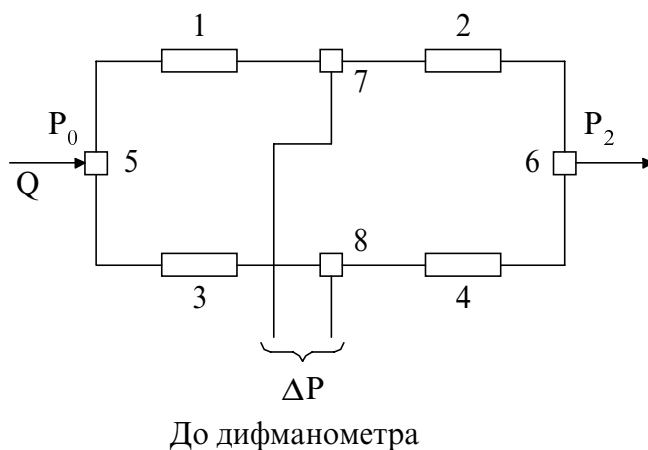


Рис. 2. Принципова схема первинного газодинамічного дросельного вимірювального перетворювача витрати газу, виконаного за мостовою схемою:

1 і 4 – короткі капілярні трубки; 2 і 3 – довгі капілярні трубки;
5 і 6 – входна і вихідна пневматичні камери; 7 і 8 – проміжні пневматичні камери

Цей вимірювальний перетворювач витрати працює так. Газ, витрату якого вимірюють, поступає в камеру 5, розділяється на два паралельні потоки, які проходять: перший потік – через дросельні елементи 1 і 2, а другий – через дросельні елементи 3 і 4, і відводиться з камери 6. При проходженні газу через ламінарні дросельні елементи на них виникають перепади тисків, створювані місцевими опорами на входах і втратами на виходах дросельних елементів, а також втратами на тертя при проходженні газу по каналах цих дроселів.

При цьому, внаслідок виконання перетворювача витрати за мостовою вимірювальною схемою, нелінійно пов'язані з витратою газу складові перепади тиску на капілярних трубках, зумовлені місцевими опорами на входах і втратами на виходах капілярних трубок, рівні за величиною. Вони взаємно компенсуються у мостовій вимірювальній схемі і не впливають на вихідний сигнал перетворювача витрати. Вихідний сигнал такого перетворювача витрати визначається лише втратами тиску на тертя по довжині капілярних трубок, що лінійно пов'язані з вимірюваною витратою газу. Такий перетворювач витрати має сталий коефіцієнт перетворення.

Отже, вимірювальний перетворювач витрати газу, виконаний на базі ламінарних дросельних елементів у формі газодинамічного моста з протилежним розміщенням рівних за довжиною, довгих і рівних за довжиною, коротких дросельних елементів з однаковим діаметром прохідних каналів, мають лінійну статичну характеристику і, за рахунок виключення нелінійних складових вимірюваного перепаду тиску і стабілізації температури газу і його абсолютного тиску на виході перетворювача, високу точність вимірювання.

Виготовлені за описаною схемою газодинамічні дросельні задавачі-витратоміри газів мають добрі метрологічні характеристики, надійні в роботі, мають високу стабільність і відтворюваність. Так, розроблені газодинамічні дросельні задавачі-витратоміри із діапазонами вимірювань $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ (18 л/год) і $17,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ (63 л/год) атестовані залежно від діапазону задавання витрати з основною відносною похибкою 0,3...0,5 %.

Висновки

Враховуючи результати досліджень та аналізу метрологічних характеристик газодинамічних дросельних задавачів-витратомірів газу, можна стверджувати, що вони придатні для ефективного застосування в системі метрологічного забезпечення побутових лічильників кількості природного газу.

1. ДСТУ 3383-96. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу. 2. Петришин І.С. Стан метрологічного забезпечення обліку газу в Україні // Методи та прилади контролю якості. – 2001. – Вип. № 7. – С. 86 – 88. 3. А. с. 1278583 ССРСР. Устройство для измерения малых расходов / Е.П. Пистун, И.Д. Стасюк // Б.И. – 1986. – № 47. 4. А. с. 1368640 ССРСР. Устройство для измерения малых и микрорасходов газа / Е.П. Пистун, И.Д. Стасюк, З.Н. Теплюх // Б.И. – 1988. – № 3. 5. Пистун Е.П., Теплюх З.Н., Стасюк И.Д. Применение часовых камней для измерения микрорасходов газов // Измерительная техника. – 1983. – № 11. – С. 36 – 38. 6. Стасюк И.Д. Разработка газодинамических дросельных преобразователей малых и микрорасходов газов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Каунас, 1988. 7. Пистун Е.П. Теоретические основы построения и расчета газодинамических дросельных измерительных преобразователей // Тезисы докладов XV Всесоюзного совещания “Пневмоавтоматика” (Львов, сентябрь 1985). – М., 1985. – Ч. 1. – С. 104 – 105.