

УДК 681.121.005

МЕТРОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВУЗЛА ОБЛІКУ ГАЗУ НА ОСНОВІ ЛІЧИЛЬНИКА ГАЗУ

© Бестелесний А. Г., 2002

Івано-Франківський державний центр стандартизації, метрології та сертифікації

Проведено аналіз похибок двох типів вузлів обліку газу на основі лічильників газу з точки зору двох складових сумарної похибки обчислення об'єму газу, зведеного до стандартних умов - інструментальної та методичної.

У переважній більшості країн Західної Європи (Нідерландах, Бельгії, Франції, Чехії, Словаччині) облік газу ведуть в основному лічильниками газу, застосовуючи звужуючі пристрої лише на трубопроводах великих діаметрів із сталими витратами газу. Для вимірювання великих обсягів споживання газу (котельні, електростанції тощо) застосовують паралельне включення декількох лічильників та впроваджують автоматизовані системи керування процесом подачі газу і вимірювання всіх параметрів, в тому числі: густини газу, вміст в ньому вуглекислого газу та азоту.

Як відомо, вимірювальний вузол із застосуванням лічильника газу складається із трубопровідної обв'язки, самого лічильника газу, засобів вимірювань тиску та температури газу.

Застосовуються в основному два типи вузлів:

- перший тип – це вузол, в якому крім лічильника газу застосовуються засоби вимірювань тиску та температури газу, а приведення отриманого об'єму газу до стандартних умов здійснюється вручну або із застосуванням в кращому випадку мікропроцесорної техніки;

- другий тип – це повністю, автоматизований з точки зору зняття та обробки вимірювальної інформації вузол обліку газу, який складається з лічильника та коректора (обчислювача) об'єму газу. Останній в автоматичному режимі проводить обчислення об'єму газу з врахуванням стандартних умов [1].

Вимірювальних вузлів другого типу в Україні досить мало, переважна більшість вузлів – це вузли першого типу.

Об'єм газу, зведений до стандартних умов, обчислюють за формулою

$$V_n = V_p \times \frac{P_i \cdot T_{cm}}{T_i \cdot P_{cm} \cdot k} = V_p \times \frac{(P_n + P_{бар}) \times T_{cm}}{(t + 273,15) \times P_{cm} \times k} = V_p \times Z, \quad (1)$$

де V_n – об'єм газу, зведений до стандартних умов, м³; V_p – об'єм газу, виміряний лічильником газу, м³;

P_i , P_n та $P_{бар}$ – значення абсолютного, надлишкового тиску газу в трубопроводі та атмосферного тиску, відповідно, у Па або кПа; T_{cm} – стандартне значення температури згідно з ГОСТ 2939 (20 °C або 293,15 K); T_i та t_i – значення температура газу в трубопроводі, у K або °C; P_{cm} – стандартне значення тиску газу (101,325 кПа); k – коефіцієнт стискуваності газу, який знаходять в залежності від густини газу за стандартних умов, вмісту в ньому вуглекислого газу CO₂ та азоту N₂; Z – коефіцієнт корекції об'єму газу до стандартних умов.

Похибка обчислення об'єму газу, зведеного до стандартних умов, вузлом із застосуванням лічильника газу визначається похибками засобів вимірювальної техніки, що застосовуються у вузлі. Загальна похибка такого вузла ділиться на інструментальну та методичну складові похибок.

Для вимірювальних вузлів першого типу інструментальна складова похибки складається із границь основної відносної похибки вимірювання об'єму лічильником газу та границь основних похибок засобів вимірювань надлишкового тиску, температури газу та атмосферного тиску.

Сумарна інструментальна складова похибки обчислення об'єму газу, зведеного до стандартних умов, такого вузла в загальному випадку обчислюється за формулою [2]

$$\delta_{сум} = (\delta_{ліч}^2 + \delta_{рн}^2 + \delta_{бар}^2 + \delta_m^2)^{0,5}, \quad (2)$$

де $\delta_{сум}$, $\delta_{ліч}$, $\delta_{рн}$, $\delta_{бар}$ та δ_m – відповідно сумарна відносна похибка вузла, відносна похибка лічильника газу та засобів вимірювань надлишкового тиску, атмосферного тиску та температури газу.

Розглянемо складові сумарної похибки згідно з виразом (2).

1. За похибку лічильника приймаються його нормовані границі допустимої відносної похибки, які згідно європейських та міжнародних норм, встановлюються такі:

± 2 % в діапазоні витрат $Q_{min} \leq Q < Q_t$;

± 1 % в діапазоні витрат $Q_t \leq Q \leq Q_{max}$;

де Q_t - перехідна витрата, яка повинна бути не більше:

0,2 Q_{max} для лічильників із співвідношенням витрат 1:10 та 1:20;

0,15 Q_{max} для лічильників із співвідношенням витрат 1:30;

0,1 Q_{max} для лічильників із співвідношенням витрат 1:50.

2. Відносна похибка вимірювання надлишкового тиску газу визначається класом точності засобу вимірювань тиску c та робочим тиском газу у газопроводі $P_{роб}$. Згідно рекомендацій щодо підбору засобів вимірювань тиску, які встановлюються на газопроводі, їх слід вибирати з таким розрахунком, щоб їхня верхня межа вимірювань перевищувала на 10...20 відсотків можливі значення робочого тиску газу у трубопроводі.

Враховуючи те, що засоби вимірювань тиску випускаються лише із стандартними верхніми діапазонами вимірювань, то у переважній більшості вузлів манометр працює поза рекомендованими межами його роботи. Так, наприклад, у трубопроводі з тиском газу 0,6 МПа, згідно рекомендацій необхідно застосовувати засіб вимірювань тиску з верхньою межею вимірювань 0,72 МПа, а найближчий більший стандартний ряд – це 1 МПа.

Відносна похибка засобу вимірювань тиску обчислюється за формулою

$$\delta_{рн} = c \cdot P_{max} / (P_{роб} + P_{бар}). \quad (3)$$

Згідно формули (3) при застосуванні засобу вимірювань тиску з верхньою межею вимірювань 1 МПа класу точності 1 тиск газу 0,6 МПа вимірюється по відношенню до абсолютного тиску з відносною похибкою $\pm 1,43\%$.

3. В переважній більшості на вузлах застосовуються як засоби вимірювань температури - скляні термометри з абсолютною похибкою 1 або 2 °С. У відносному вираженні до абсолютного значення температури (293,15 К) такі термометри мають відповідно відносні похибки $\pm 0,34\%$ та $\pm 0,68\%$.

4. Засоби вимірювань атмосферного тиску - це барометри з абсолютною похибкою 300 або 500 Па, відносна похибка яких до мінімального значення атмосферного тиску рівного 96 000 Па складає $\pm 0,31$ та $\pm 0,52\%$ відповідно.

Таким чином, сумарна інструментальна складова похибка вимірювального вузла із застосуванням лічильника газу та засобами вимірювань тиску і температури з похибками, наведеними вище, не перевищують $\pm 3\%$, тобто відповідає вимогам державної вивірочної схеми за ДСТУ 3383-96 [2], причому вона майже незмінна в діапазоні витрат роботи лічильника, тобто від 5 до 100 відсотків від максимальної витрати, на який розрахований серійно вироблений лічильник.

Тут слід відмітити те, що вузол із застосуванням звужуючого пристрою забезпечує таку ж похибку вимірювань ($\pm 3\%$) в значно меншому діапазоні

витрат (не більше як від 25 до 100 відсотків від розрахункового значення витрати), а для забезпечення більш широкого діапазону роботи вимагає додатково другий перетворювач перепаду тиску.

Для вимірювальних вузлів другого типу інструментальна складова похибки складається із границі основної відносної похибки вимірювання об'єму газу лічильником ($\pm 1; \pm 2\%$) і границі сумарної похибки коректора при обчисленні об'єму газу, зведеного до стандартних умов, яка в переважній більшості коректорів та систем з обчислювачами, що виробляються вітчизняними виробниками ("Флоутек", "Флоукор", ОКВГ, КПЛГ, ОЕ-22, "Універсал") та ввозяться в Україну (SEVC-D, ELCOR-94, модель 999), не перевищує $\pm 0,5\%$.

Більшість коректорів оснащені перетворювачами абсолютного тиску з корекцією їх похибок від зміни температури перетворювача. Опитування лічильників, перетворювачів тиску та температури газу проводиться через інтервали часу від 1 до 30 с. Це суттєво підвищує точність обчислення об'єму газу.

Границі сумарної інструментальної складової похибки обчислення об'єму газу такого вузла, зведеного до стандартних умов, обчислюють за формулою

$$\delta_{сум} = (\delta_{лч}^2 + \delta_{кор}^2)^{0,5}, \quad (4)$$

де $\delta_{кор}$ - відносна похибка коректора, %.

При роботі лічильників для витрат від максимальної до перехідної витрати, де нормуються границі основної відносної похибки лічильників $\pm 1\%$, границі сумарної інструментальної складової похибки обчислення об'єму газу такого вузла, зведеного до стандартних умов, не перевищують $\pm 1,12\%$, а при роботі лічильників за витрат від перехідної до мінімальної витрати, де нормуються границі основної відносної похибки лічильників, $\pm 2\% \dots \pm 2,06\%$.

Більшість таких вузлів працює з використанням турбінних лічильників газу.

На рис. 1 наведені середні значення похибок лічильників ЛГ виробництва ВАТ "Івано-Франківський завод "Промприлад" залежно від витрати (крива 1), верхні (крива 2) та нижні (крива 3) довірчі границі похибок самих лічильників, обчислені за результатами вивірювання 200 лічильників, а також верхні (крива 4) та нижні (крива 5) границі сумарної інструментальної складової похибки вимірювального вузла із застосуванням коректора з границями похибок $\pm 0,5\%$. Як видно з рис. 1, границі сумарної похибки вимірювального вузла в діапазоні витрат від 0,1 Q_{max} до Q_{max} знаходяться в діапазоні від 0,75 до мінус 0,5 %, а для витрати Q_{min} границі похибок не виходять за $\pm 1\%$.

Як відомо, кожний лічильник газу має свій характер зміни похибки залежно від витрати. Тому, вводячи поправки до результатів вимірювань лічи-

льніків, можна суттєво зменшити сумарну похибку вузла. Для цього необхідно, щоб коректор мав додаткову функцію - введення поправок до показів лічильника. Цю функцію вже виконують коректори "Флоутек" та "Флоукор". Враховуючи те, що за довготривалої роботи лічильника вплив випадкової

складової похибки лічильника на похибку вузла наближається до нуля, то сумісна робота лічильника та коректора приводить до сумарної похибки обліку газу на рівні $\pm (0,3 \dots 0,4) \%$.

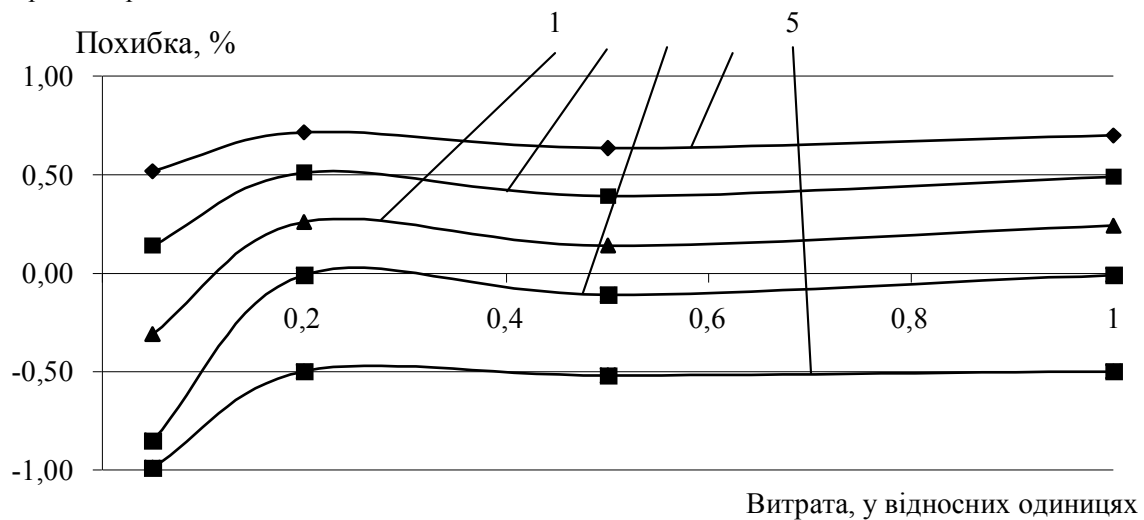


Рис. 1. Похибки лічильників газу ЛГ виробництва ВАТ "Івано-Франківський завод "Промприлад"

Прикладом впровадження такого підходу є розробка комплексу ЛГ-КОР, що складається із перетворювача об'єму газу на основі турбінного лічильника газу (без відлікового пристрою) та коректора, в якого є можливість введення поправок до показів лічильників. Границі сумарної похибки обчислення об'єму газу, зведеного до стандартних умов, такого комплексу нормуються в межах $\pm 0,65 \%$, причому в усьому діапазоні вимірювань від 3 до 100 % від максимальної витрати. При застосуванні роторних лічильників газу фірми "ТЕМП" цей діапазон можна розширити від 1 або 2 до 100 % від максимальної витрати. Багатьма розробниками засобів вимірювань об'єму газу розглядається можливість введення температурної поправки на покази лічильників газу. Правда, визначити її досить важко, так як не є відомим характер її зміни та відсутні умови для її досліджень

Щодо методичної складової похибки вузла, то вона визначається:

1) похибкою апроксимації фактичних значень коефіцієнтів стискуваності газу прийнятим алгоритмом та розбіжністю між алгоритмами обчислення коефіцієнту стискуваності газу. Згідно РД50-213-68 [3] похибка розбіжності розрахункового значення коефіцієнту стискуваності від фактичного значення може досягати $\pm 0,2 \%$. З введення ГОСТ30319.0 [4] виникає методична похибка за рахунок розбіжностей між розрахунковими значеннями коефіцієнту стискуваності за різними алгоритмами (AGA, NX19 або GERС). Розрахунок показав, що при різних зна-

ченнях тисків та температур ця розбіжність різна, але максимальне значення розбіжності відносно алгоритму за РД50-213-68 може досягати $\pm 0,25 \%$. Крім того, слід відмітити те, що точність обчислення коефіцієнту стискуваності залежить також від похибок вимірювань тиску, температури, густини газу в нормальних умовах та вмісту в ньому вуглекислого газу і азоту;

2) періодичністю в часі запису та опитування засобів вимірювальної техніки, що застосовуються у вузлі. В [5] відмічається, що похибка за рахунок недостатньої частоти опитування засобів вимірювальної техніки може досягати декількох процентів;

3) методикою обробки вимірювальної інформації. Як відомо, згідно прийнятої методики обробки вимірювальної інформації пропонується покази засобів вимірювань тиску та температури записувати через кожні 2 години, а з лічильника – один раз в добу. Розрахунок показує, що результати обробки за такою методикою суттєво відрізняються від результатів, якщо покази лічильника записувати через кожні дві години, особливо за режимів роботи, коли лічильник періодично не працює. Відмінності в методиках обробки даних може привести до похибки 2 % та більше;

4) періодичністю вимірювань параметрів газу і надання споживачам інформації про неї. При поставці газу фізико-механічні параметри газу постійно змінюються. Інформація про склад газу доводиться до споживачів з певним запізненням. Застосування даних про параметри газу, які не відповідають фак-

тичним їх значенням, приводить до появи похибки обчислення коефіцієнту стискуваності, що в свою чергу приводить до похибки обчислення сумарного значення спожитого об'єму газу;

5) розбіжністю між прийнятим значенням атмосферного тиску та фактичним його значенням. Більшість вимірювальних вузлів не оснащені засобами вимірювань атмосферного тиску і споживачі газу використовують його середнє значення або використовують інформацію гідрометеобюро. Відхилення розрахункового значення тиску від фактичного значення приводить до суттєвої похибки вимірювань, особливо при низьких значеннях тиску у газопроводі. Так, наприклад, розбіжність в 40 кПа від фактичного значення атмосферного тиску але прийнятого при розрахунках та при тиску газу у газопроводі рівному 400 мм. вод. ст. (4000 Па) приводить до обчислення об'єму газу з похибкою $\pm 0,92\%$. Звідси справедлива вимога НАК "Нафтогаз України" щодо оснащення коректорів об'єму газу, призначених для роботи на газопроводах з незначними тисками, тільки перетворювачами абсолютного тиску;

б) місцями під'єднання засобів вимірювань тиску та розміщення засобів вимірювань температури. У вузлах відбір тиску та вимірювання температура ведеться в різних місцях.

Ряд із вказаних вище складових похибки присутні для всіх типів вимірювальних вузлів.

Проведений вище аналіз похибок вимірювального вузла із застосуванням лічильника газу дозволяє зробити вибір засобів вимірювальної техніки, які б забезпечили необхідну в кожному конкретному випадку достовірність результатів обліку газу. Вимірювальні вузли із застосуванням лічильників газу дозволяють при менших затратах порівняно з вузлом із застосуванням звужуючого пристрою, особливо за малих діаметрів трубопроводів (до 200 мм), проводити вимірювання об'єму газу з достатньою точністю. Застосування комплексів з лічильниками газу, що мають розширений діапазон вимірювань, та з коректорами об'єму газу, які мають функції введення поправок на покази лічильників, суттєво можуть підвищити достовірність обліку газу.

1. ГОСТ 2939-63 Газы. Условия для определения объема. 2. ДСТУ 3383-96 Метрологія. Державна повітряна схема для засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу. 3. РД50-213-68 "Правила измерения расхода газа стандартными сужающими устройствами". 4. ГОСТ 30319.0-96 "Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения". 5. Волосянко В. Д. Неточности у визначенні об'ємів природного газу в газорозподільній системі газопостачання // Нафтова та газова промисловість. - № 2. - 2001. - С. 49-51.