

ОСНОВНІ РОЗРАХУНКОВІ РІВНЯННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ СУХОЇ ЧАСТИНИ ВОЛОГОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

© Крук І.С., 2005

ГПУ "Львівгазвидобування"

© Крук О.П., 2005

ДП "НДІ"Система", м. Львів

Описана нова методологія визначення витрати сухої частини вологого газу, розроблені нові робочі формули для розрахунку витрати газу приведеної до стандартних умов вимірювання, які можуть бути використані при впровадженні нового нормативного документу з вимірювання витрати природного газу методом змінного перепаду тиску

Сьогодні для визначення витрати природного газу використовують різні методи вимірювання. Найбільшого поширення, із-за своєї простоти та надійності, набув метод змінного перепаду тиску разом із стандартними діафрагмами та різного типу обчислювачі витрати та кількості. На протязі останніх декількох років інтенсивно використовуються лічильники газу разом із коректорами обчислювачами. При вимірюванні витрати та визначенні кількості природного газу такі прилади як, лічильники потребують чистого газу з допустимим вмістом механічних домішок і вмістом парів води в ньому. Такі вимоги визначають якість газу і наведені у відповідній нормативній документації [1 ÷ 4].

Метою роботи є вибір нової методології визначення витрати сухого, вологого та сухої частини вологого природного газу та виведення нових робочих формул для розрахунку витрати газу при застосування методу змінного перепаду тиску.

Введемо такі основні позначення:

Q_0 – об'ємна витрата газу при робочих умовах вимірювання (РУВ); $Q_{0\text{ вг}}$ – об'ємна витрата вологого газу при РУВ; $Q_{0\text{ сг}}$ – об'ємна витрата сухого газу при РУВ; $Q_{\text{с}}$ – об'ємна витрата газу при стандартних умовах вимірювання (СУВ); $Q_{\text{с сг}}$ – витрата сухої частини природного газу при СУВ.

Якщо вміст парів води у газі перевищує допустимі норми, то газ є вологим і при вимірюванні його витрати необхідно попередньо визначити об'ємну витрату сухої частини вологого газу $Q_{0\text{ сг}}$ при РУВ, а відтак зробити перерахунки значень витрати газу до СУВ.

Об'ємну витрату газу $Q_{0\text{ вг}}$ при РУВ можна визначити згідно з виразом

$$Q_{0\text{ сг}} = Q_{0\text{ вг}} \frac{P - P_{\text{пв}}}{P_{\text{с}}} \frac{1}{K_{\text{сг}}}, \quad (1)$$

де P – абсолютний тиск природного газу; $P_{\text{пв}}$ – тиск

парів води у газі; $P_{\text{с}}$ – прийняте значення тиску, що відповідає СУВ і дорівнює 101,325 кПа; $K_{\text{сг}}$ – коефіцієнт стискуваності сухого газу при тиску ($P - P_{\text{пв}}$).

Для спрощення запису виведених основних рівнянь витрати введемо позначення відношення K_p у вигляді

$$K_p = \frac{P - P_{\text{пв}}}{P_{\text{с}}}. \quad (2)$$

Тиск парів води при відомій відносній вологості φ можна визначити наближено таким чином [5, 6]:

$$P_{\text{пв}} \cong \varphi P_{\text{н пв}}, \quad (3)$$

або точніше так:

$$P_{\text{пв}} = \frac{\rho_{\text{пв}}}{\rho_{\text{с пв}}} \frac{T}{T_{\text{с}}} K_{\text{пв}} P_{\text{с}}. \quad (4)$$

Звідси вираз для розрахунку густини парів води у газі буде таким:

$$\rho_{\text{пв}} = \rho_{\text{с пв}} \frac{P_{\text{пв}} T_{\text{с}}}{P_{\text{с}} T} \frac{1}{K_{\text{пв}}}, \quad (5)$$

де $P_{\text{н пв}}$ – тиск насичених парів води при температурі T газу; $\rho_{\text{пв}}$ – густина парів води у газі; $\rho_{\text{с пв}}$ – густина парів води при (СУВ) (при температурі $T_{\text{с}} = 293,15\text{ K}$ і тиску $P_{\text{с}} = 101,325\text{ кПа}$), значення якої дорівнює $0,7496\text{ кг/м}^3$; $K_{\text{пв}}$ – коефіцієнт стискуваності парів води.

Підставивши вираз (5) у формулу (1), дістанемо у кінцевому варіанті таке рівняння:

$$Q_{0\text{ сг}} = Q_{0\text{ вг}} \left(\frac{P}{P_{\text{с}}} - \frac{\rho_{\text{пв}}}{\rho_{\text{с пв}}} \frac{T}{T_{\text{с}}} K_{\text{пв}} \right) \frac{1}{K_{\text{сг}}}, \quad (6)$$

а відношення K_p прийме у цьому випадку такий вигляд:

$$K_p = \frac{P}{P_c} - \frac{\rho_{пв}}{\rho_{с пв}} \frac{T}{T_c} K_{пв}. \quad (7)$$

Якщо врахувати, що густина парів води у газі визначається за такою формулою:

$$\rho_{пв} = \varphi \rho_{н пв}, \quad (8)$$

то робоча формула (6) при відомих значеннях абсолютного тиску P , температурі T і відносній вологості φ газу матиме вигляд:

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \left(\frac{P}{P_c} - \varphi \frac{\rho_{н пв}}{\rho_{с пв}} \frac{T}{T_c} K_{пв} \right) \frac{1}{K_{сг}}, \quad (9)$$

а відношення K_p буде таким:

$$K_p = \frac{P}{P_c} - \varphi \frac{\rho_{н пв}}{\rho_{с пв}} \frac{T}{T_c} K_{пв}. \quad (10)$$

Отримані формули (6) і (9) дозволяють розраховувати витрату сухої частини вологого газу при РУВ.

Тепер переходимо до методологічного обґрунтування отриманих розрахункових формул для визначення витрати сухої частини вологого газу при СУВ, значення котрих використовуються при зведенні необхідних матеріальних балансів на газопромислових об'єктах комерційних пунктів обліку природного газу.

Розрахунок об'ємної витрати сухої частини природного газу $Q_{с сг}$ при СУВ і при відомому значенні об'ємної витрати $Q_{о вг}$ при РУВ необхідно здійснювати за формулою

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \frac{\rho_{сг}}{\rho_c}, \quad (11)$$

де ρ_c - густина сухого газу при СУВ; $\rho_{сг}$ - густина сухого газу при РУВ, значення якої визначають за виразом

$$\rho_{сг} = \rho_c \frac{P - P_{пв}}{P_c} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{сг}}. \quad (12)$$

Підставивши вираз (12) у формулу (11), дістанемо у кінцевому варіанті такі основні розрахункові рівняння:

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \frac{P - P_{пв}}{P_c} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{сг}}, \quad (13)$$

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \frac{T_c}{T} \frac{K_p}{K_{сг}}. \quad (14)$$

При відомому вмісту парів води у газі, що виражений через густину $\rho_{пв}$ парів води,

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{сг}} \left(\frac{P}{P_c} - \frac{\rho_{пв}}{\rho_{с пв}} \frac{T}{T_c} K_{пв} \right). \quad (15)$$

При відомій відносній вологості φ газу

$$Q_{с сг} = Q_{о вг} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{сг}} \left(\frac{P}{P_c} - \varphi \frac{\rho_{н пв}}{\rho_{с пв}} \frac{T}{T_c} K_{пв} \right). \quad (16)$$

Як відомо, витрата сухого природного газу при СУВ при використанні витратомірів змінного перепаду тиску, що відповідає вимогам щодо якості згідно [7], розраховується за формулою [8]

$$Q_c = 0,25 \pi \alpha \varepsilon d^2 \frac{(\Delta P \rho)^{0,5}}{\rho_c}, \quad (17)$$

або

$$Q_c = K_{вх} \frac{(\Delta P \rho)^{0,5}}{\rho_c}, \quad (18)$$

де ΔP - перепад тиску на стандартному пристрої звуження (діафрагмі); α - коефіцієнт витрати; ε - поправний множник на розширення потоку газу; d - діаметр отвору стандартного пристрою звуження при температурі T ; $K_{вх}$ - коефіцієнт, значення якого визначають так:

$$K_{вх} = 0,25 \pi \alpha \varepsilon d^2; \quad (19)$$

ρ - густина сухого газу, значення якої визначають так:

$$\rho = \rho_c \frac{P}{P_c} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K}, \quad (20)$$

де K - коефіцієнт стискуваності газу.

Із урахуванням формули (20) робоче рівняння для визначення значення витрати газу при СУВ матиме вигляд

$$Q_c = K_{вх} \left(\frac{\Delta P P}{\rho_c T K} \right)^{0,5} \left(\frac{T_c}{T} \right)^{0,5}, \quad (21)$$

або

$$Q_c = K_{вх} K_{сг} \left(\frac{\Delta P P}{\rho_c T K} \right)^{0,5}, \quad (22)$$

де значення $K_{сг}$ розраховують згідно з таким виразом:

$$K_{сг} = \left(\frac{T_c}{T} \right)^{0,5}. \quad (23)$$

Сумісний розв'язок рівняння для визначення об'ємної витрати $Q_{о вг}$ при РУВ

$$Q_{о вг} = K_{вх} \left(\frac{\Delta P}{\rho_{вг}} \right)^{0,5} \quad (24)$$

і рівнянь (8), (10), (11) та (12) дає можливість дістати нові розрахункові формули для визначення сухої частини вологого газу при СУВ:

$$Q_{с сг} = K_{вх} \frac{\rho_{сг}}{\rho_c} \left(\frac{\Delta P}{\rho_{вг}} \right)^{0,5}; \quad (25)$$

$$Q_{CCr} = K_{вх} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{Cr}} \frac{P - P_{пв}}{P_c} \left(\frac{\Delta P}{\rho_{вг}} \right)^{0,5}; \quad (26)$$

$$Q_{CCr} = K_{вх} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{Cr}} \left(\frac{P}{P_c} - \frac{\rho_{пв}}{\rho_{спв}} \frac{T}{T_c} K_{пв} \right) \left(\frac{\Delta P}{\rho_{вг}} \right)^{0,5}; \quad (27)$$

$$Q_{CCr} = K_{вх} \frac{T_c}{T} \frac{1}{K_{Cr}} \left(\frac{P}{P_c} - \varphi \frac{\rho_{пв}}{\rho_{спв}} \frac{T}{T_c} K_{пв} \right) \left(\frac{\Delta P}{\rho_{вг}} \right)^{0,5}, \quad (28)$$

де $\rho_{вг}$ - густина вологого природного газу при РУВ методика розрахунку якої наведена в [6].

Розрахункові формули (6), (9), (13) ÷ (16) і (25) ÷ (28) можуть бути використані у новому нормативному документі з вимірювання витрати природного газу методом змінного перепаду тиску, що розробляється тепер на базі ISO 5167 - 2003.

1. Газы горючі природні, що подаються у магістральні газопроводи. Технічні умови ТУ У 320.00158764.007-95.-К: Український НДІ природних газів, 1995. - 12 с. 2. Повідомлення № 1-2000 про зміни ТУ У 320.00158764.007-95. Газы горючі природні, що подаються у магістральні газопроводи.-

К: Український НДІ природних газів, 2000. - 3 с. 3. Газы горючі природні, що подаються з родовищ в промисловість та окремим споживачам. Технічні умови ТУ У 320.00158764.008-95.-К: Український НДІ природних газів, 1995. - 12 с. 4. Газы горючі природні родовищ України для промислового та комунально-побутового призначення. Технічні умови ТУ У 320.00158764.033-2000.-К: Український НДІ природних газів, 2000. - 9 с. 5. Крук І.С., Курило Я.В., Крук О.І. Методика розрахунку вологості природного газу при визначенні його кількості Методи та прилади контролю якості. - 2001. -№7- С. 100 - 102. 6. Крук І.С., Курило Я.В., Крук О.І. Методика визначення густини насиченого парами води природного газу при від'ємних температурах Методи та прилади контролю якості.- 2002. -№8- С. 55 - 57. 7. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.-М.: Изд-во стандартов, 1987. -5 с. 8. РД 50-213-80. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами.-М.: Изд-во стандартов, 1982. -319 с.

УДК 681.121

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА

© Мощенко И. А., 2005

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Наведено фізичний і математичний опис запропонованого автором високоточного безконтактного методу вимірювання витрати природного газу для трубопроводів великих діаметрів, основаного на оптичних принципах контролю газових потоків. Відомий оптичний метод удосконалений введенням у структурну схему пристрою зовнішнього локального джерела нагрівання, що дозволяє підвищити чутливість методу. Запропонована модель враховує розподіл температур і швидкостей у системі «трубопровід – газове середовище» при різних типах газових потоків. Описана схема експериментальної установки для практичної реалізації оптико-теплогового методу

Газотранспортная система Украины является одной из крупнейших в Европе. Объем транспортируемого по ней природного газа составляет около 240 млрд. м³ в год. При этом значительная часть этого объема поступает в страны Европы, что вызывает необходимость повышать уровень метрологического обеспечения учета газа до мировых стандартов [1]. Наличие развитой газораспределительной сети на территории Украины, обслуживающей отечественных потребителей, также заставляет уделять

особое внимание точности измерения объема и объемного расхода природного газа. В качестве основных направлений развития газовой отрасли Украины можно выделить научно-техническое обеспечение достоверного учета передачи и распределения природного газа, повышение надежности работы технологического оборудования, разработку и внедрение энергосберегающих технологий.

В настоящее время подавляющее большинство расходомеров, включенных в Государственный ре-