

Визначення відносного діаметра діафрагми оптимальної за точністю вимірювання витрати природного газу

Володимир Кузик, Богдан Чабан,
Леонід Лесовой

Кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів,
Національний університет "Львівська політехніка",
УКРАЇНА, м. Львів, вул. Устияновича, 5,
E-mail: azel405@rambler.ru

Abstract – The national literature review showed that the mathematical model for the relative standard diameter of narrowing device calculating because of the introduction of new national standards should be clarified. The components of flowrate measurement error, directly dependent on the design parameters of the standard narrowing devices are found. The optimality criterion for calculating of the structural parameters of the standard narrowing devices for optimal precision flow measurement of natural gas is proved in this paper. An algorithm of calculating of the structural parameters of the standard narrowing devices of differential pressure flowmeter for natural gas measurement, that enhances the accuracy of flowrate measurement by reducing of systematic errors that depend on the design parameters of the standard narrowing devices, was made as well.

Ключові слова – метод змінного перепаду тиску, витратомір, відносний діаметр діафрагми, витрата, природний газ, стандартний звужувальний пристрій, внутрішній діаметр вимірювального трубопроводу, облік плинного енергоносія.

I. Постановка проблеми

При розрахунку параметрів витратоміра змінного перепаду тиску однією з найважливіших задач є розрахунок відносного діаметра звужувального пристрою, для якого відносна розширена невизначеність результату вимірювання витрати середовища приймає мінімальне значення. Такий витратомір називається витратоміром оптимальним за точністю вимірювання витрати середовища. На базі аналітичних залежностей коефіцієнтів рівняння витрати та відносної похибки результату вимірювання витрати природного газу які наведені у РД 50-213-80 [1], були отримані рівняння [2] для розрахунку відносного діаметра діафрагми оптимальної за точністю вимірювання витрати, як функції безрозмірного комплексу. Із введенням в дію Національних стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586:2009 [3-5] всі рівняння, для визначення коефіцієнтів і параметрів рівняння витрати були змінені. В зв'язку з цим актуалізується задача розроблення нових аналітичних залежностей для визначення параметрів діафрагми оптимальної за точністю вимірювання витрати та кількості природного газу.

II. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проаналізувавши літературні джерела, було встановлено, що Пістуном, Лесовим і Круком [2,6] були отримані аналітичні рівняння для визначення віднос-

ної площі m діафрагми, і відповідно, його відносного діаметра звужуючого пристрою у вигляді

$$m = \beta^2 = f(B, Re, D), \quad (1)$$

де B – безрозмірний коефіцієнт; Re – число Рейнольдса; D – внутрішній діаметр вимірювального трубопроводу при робочій температурі.

Безрозмірний комплекс B розраховується за рівнянням:

- при вимірювання густини природного газу потоковим густиноміром

$$B = \frac{8}{\rho p} \left(\frac{q_m}{\pi D^2} \right)^2; \quad (2)$$

- при визначенні густини природного газу за рівнянням стану

$$B = \frac{8 p_c T K}{\rho_c T_c} \left(\frac{q_m}{p \pi D^2} \right)^2, \quad (3)$$

де q_m – масова витрата природного газу; p – абсолютний тиск природного газу; T – термодинамічна температура газоподібного середовища; ρ – густина природного газу за робочих умов (тиску p і температури T); ρ_c – густина газоподібного середовища за стандартних умов (при абсолютному тиску стандартних умов $p_c = 101325 \text{ Па}$ і термодинамічній температурі стандартних умов $T_c = 293.15 \text{ К}$); K – коефіцієнт стискуваності газ природного газу за робочих умов.

Число Рейнольдса визначається за рівнянням [3]

$$Re = \frac{4 q_m}{\pi D \mu}, \quad (4)$$

де μ – динамічна в'язкість природного газу за робочих умов.

III. Формулювання цілі

Отримати нове рівняння для розрахунку значення відносного діаметра діафрагми оптимальної за точністю вимірювання витрати природного газу.

IV. Виклад основного матеріалу

Проведеними дослідженнями було встановлено, що для вимірювальних трубопроводів з внутрішнім діаметром від 0,5 м до 1 м значення поправкових коефіцієнтів, які враховують шорсткість внутрішньої поверхні вимірювального трубопроводу і притуплення вхідного канту діафрагми, при розрахунку приймають значення рівні одиниці. Тому при розрахунку значення відносної розширеної невизначеності результату вимірювання витрати та кількості середовища значення невизначеності поправкових коефіцієнтів, які враховують шорсткість внутрішньої поверхні вимірювального трубопроводу і притуплення вхідного канту діафрагми, дорівнюють нулю.

Значення відносної розширеної невизначеності результату вимірювання витрати природного газу як функції відносного діаметра діафрагми наведені на Рис.1

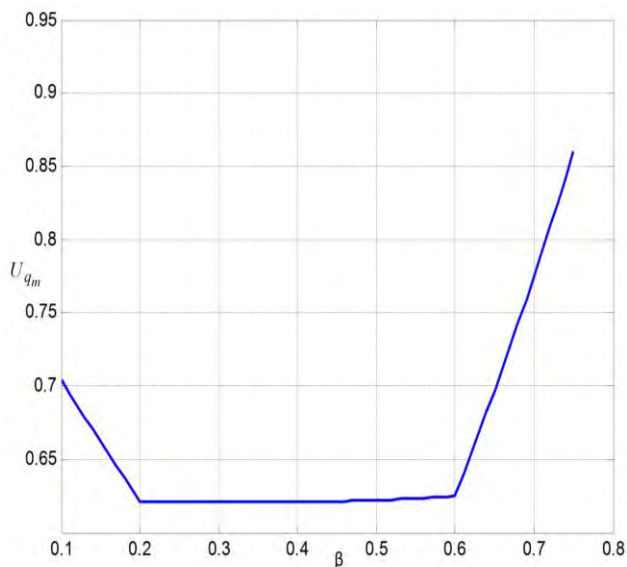


Рис. 1. Відносна розширена невизначеність результату вимірювання витрати природного газу

Нами було встановлено, що рівняння для визначення відносного діаметра діафрагми, як функції безрозмірного комплексу B , має вигляд

$$\beta = \frac{B_0}{(a + bB_0)^c}, \quad (5)$$

$$B_0 = (100B)^d, \quad (6)$$

де a, b – коефіцієнти, які залежать від числа Рейнольдса; c, d – постійні коефіцієнти.

Коефіцієнти a, b , які залежать від числа Рейнольдса описуються функціональною залежністю як:

$$a = \frac{Re_0}{(a_0 + b_0 Re_0)^{c_0}}; \quad (7)$$

$$b = \frac{Re_1}{(a_1 + b_1 Re_1)^{c_1}}, \quad (8)$$

де

$$Re_0 = [\lg(Re)]^{d_0}; \quad (9)$$

$$Re_1 = [\lg(Re)]^{d_1}; \quad (10)$$

$a_0, b_0, c_0, d_0, a_1, b_1, c_1, d_1$ – постійні коефіцієнти.

Значення максимальної відносної розширеної невизначеності, яка приписана функціональній залежності (5) не перевищує 0,05%.

ВИСНОВОК

Проведений аналіз існуючого методу розрахунку відносного діаметра діафрагми для витратоміра опти-

мального за точністю вимірювання витрати природного газу.

Отримано нову аналітичну залежність для визначення відносного діаметра діафрагми, як функції безрозмірного комплексу B і числа Рейнольдса Re , яка була знайдена для нових рівнянь коефіцієнтів рівняння витрати природного газу та невизначеності результату вимірювання її.

References

- [1] Pravila izmerenija rashoda gazov i zhidkostej standartnymi suzhajushhimi ustrojstvami: RD 50-213-80 [Terms of flow measurement of gases and liquids standard primary device: RD 50-213-80], Izdatel'stvo Standartov – Publishing Standards, 1982.
- [2] Pistun E.P., Lesovoj L.V., Kruk I.S. “Analiticheskoe opredelenie predel'nogo nominal'nogo perepada davlenija differencial'nyh manometrov i otноситel'noj ploshhadi standartnyh diafragm rashodomerov gaza i para” [“Analytical determination of the limit of the nominal differential pressure differential pressure and the relative area of the standard orifice flow of gas and steam”], Izmeritel'naja Tehnika – Measuring Equipment, no 10, pp. 30-33, 1987.
- [3] Metrolohiia. Vymiriuvannia vytraty ta kilkosti ridyny i hazu iz zastosuvanniam standartnykh zvuzhivalnykh prystroiv. Chastyna 1. Prysyp metodu vymiriuvan ta zahalni vymohy. [Measurements of liquid and gas flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 1. Principle method of the of measurements general requirements], Derzhspozhyvstandart Ukrainy – State Consumer Standard of Ukraine, 2010.
- [4] Metrolohiia. Vymiriuvannia vytraty ta kilkosti ridyny i hazu iz zastosuvanniam standartnykh zvuzhivnykh prystroiv. Chastyna 2. Diafrahmy. Tekhnichni vymohy. [Measurements of liquid and gas flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 2. Orifice plates. Technical requirements], Derzhspozhyvstandart Ukrainy – State Consumer Standard of Ukraine, 2010.
- [5] Metrolohiia. Vymiriuvannia vytraty ta kilkosti ridyny i hazu iz zastosuvanniam standartnykh zvuzhivalnykh prystroiv. Chastyna 5. Metodyka vykonannia vymiriuvan [Measurements of liquid and gas flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 5. Measurement procedure], Derzhspozhyvstandart Ukrainy – State Consumer Standard of Ukraine, 2010.
- [6] Ajrapetov V.A., Soshina Zh.S., Stepkina L.A., Pistun E.P., Lesovoj L.V., Kruk I.S. “Metodika rascheta diafragm optimal'nyh po tochnosti izmerenija rashoda i kolichestva prirodnogo gaza” [“Method of calculating the optimum aperture for flow measurement accuracy and the amount of natural gas”], VNPO “Sojuzgazavtomatika”, 1983.