



1. Гладь І.В., Галушак І.Д., Поточний А.І., Маскевич У.М., Бацала Я.В., Кіянюк О.І. Проблеми та принципи проектування універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. - № 3(28). – С 83-87.

УДК 681.121

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ПОТОКОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

О.Є. Середюк, В.В. Малісевич, Т.В. Лютенко

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти
і газу,*

м.Івано-Франківськ, Україна, feivt@nung.edu.ua

З врахуванням стрімкого підвищення цін на енергоносії, в тому числі на природний газ все актуальнішим стає питання підвищення точності його обліку та застосування якісно нових методологічних підходів при його обліку. Левову долю природного газу використовують як джерело теплової енергії для технологічних процесів у промисловості та в побуті для обігрівання житлових приміщень. Ефективність роботи газових пристроїв при цьому у великій мірі залежить від якісних характеристик природного газу. Тому логічно правильним є перехід на якісно новий рівень обліку природного газу за його енергетичною цінністю, який вже давно успішно використовують у деяких європейських країнах та США.

Чинний в Україні новий стандарт [1] передбачає запровадження визначення енергії природного газу під час його комерційного обліку і формує підґрунтя для переходу до розрахунку за природний газ в одиницях енергії. Однак на практиці застосування такого підходу є досить складним через відсутність дешевих засобів вимірювальної техніки, що дозволяють визначати енергетичну цінність природного газу безпосередньо за умов реалізації потокового контролю.

Для підвищення достовірності обліку природного газу за його енергетичною цінністю запропоновано технічне рішення



витратоміра [2], що дозволяє в процесі вимірювання об'ємної витрати напірним витратоміром одночасно визначати його теплоту згорання.

Метою роботи є розроблення кореляційного статистичного методу для потокового визначення енергетичної цінності природного газу при функціонуванні витратоміра на базі напірного і термоанемометричних перетворювачів.

Парціальний витратомір (рис. 1) складається з вимірювального трубопроводу 1 з робочим середовищем 2, гідродинамічної трубки Піто 3 з приймачами повного 4 та статичного 5 тисків, яка закріплена на трубопроводі за допомогою стакану 6 і обладнана краном 7 для перекидання пневматичних імпульсних ліній трубки 3, локального звужувального пристрою 8, обвідного трубопроводу 9 з запірними кранами 10 і 11, термоанемометричним давачем, давачами тиску і температури (на рис. 1 показані відповідні інформативні лінії Q , p , T). Витратомір містить також блок 12 вимірювання швидкості потоку, блок 15 визначення інформативних параметрів витратоміра, блок 13 визначення коефіцієнта тепловіддачі термоанемометричного перетворювача і блок 14 вимірювання енергетичної цінності природного газу.

Під час роботи парціального витратоміра трубка Піто 3 використовується для визначення швидкості потоку робочого середовища 2. Інформація про швидкість потоку формується в блоці 12 за результатами обробки даних про різницю тисків в імпульсних лініях трубки 3. Визначення якісних характеристик природного газу відбувається у обвідному трубопроводі шляхом встановлення в ньому термоанемометричного перетворювача. Робоче середовище 2 потрапляє у обвідний трубопровід 9 через відкриті крани 10 і 11 завдяки перепаду тисків у трубопроводі, що створюється звужувальним пристроєм 8. Після закриття одного з кранів 10 або 11 досягається відсутність потоку у трубопроводі 9. Інформація про тиск, температуру та електричну напругу на термоанемометричному перетворювачі обробляється в блоці 15, на основі чого блоком 13 здійснюється визначення коефіцієнта тепловіддачі термоанемометричного перетворювача. В блоці 14 здійснюється розрахунок потокового значення енергетичної цінності природного газу на базі визначених його швидкості потоку та теплоти згорання.

Теплота згорання природного газу обчислюється блоком 14 на основі попередньо визначеного значення коефіцієнта тепловіддачі α_0 термоанемометричного перетворювача за умови відсутності потоку газу, який в процесі функціонування парціального витратоміра визначається за формулою:



$$\alpha_0 = \frac{I_D^2 R_D}{\pi d_D l_D (T_D - T_G)}, \quad (1)$$

де I_D – сила електричного струму, що проходить через металеву дротину термоанемометричного перетворювача; R_D – електричний опір металевій дротині при робочих умовах витратоміра; l_D , d_D – довжина і діаметр металевій дротині відповідно; T_D , T_G – температура металевій дротині і температура природного газу за робочих умов відповідно.

Для встановлення кореляційного зв'язку між коефіцієнтом тепловіддачі α_{0C} за стандартних умов і теплою згорання H_C природного газу використовується методологія статистичного аналізу бази даних відомого компонентного складу природного газу. Вона сформована на основі реальних даних, які отримані хімічною лабораторією ПАТ "Івано-Франківськгаз" впродовж 2008-2010 рр. при проведенні хроматографії природного газу і містить відомості про компонентний склад, нижчу теплоту згорання та густину кожного із 97 різних складів природного газу за стандартних умов. В базу даних відібрані гази, що у своєму складі містили метан з об'ємною концентрацією (92,5...98,1) %, етан – (0,6...3,3) %, пропан – (0,2...1,5) %, азот – (0,5...1,2) %, вуглекислий газ – (0...0,9) %.

Для кожного складу природного газу за методикою композиційного аналізу розраховувалися коефіцієнти теплопровідності, теплоємності та динамічної в'язкості. Далі для кожного складу газу розраховувалися коефіцієнт тепловіддачі α_{0C} з врахуванням використання термоанемометричного перетворювача з чутливим елементом діаметром 30 мкм і нижча теплота згорання, що дало можливість отримати таку регресійну залежність (рис. 2).

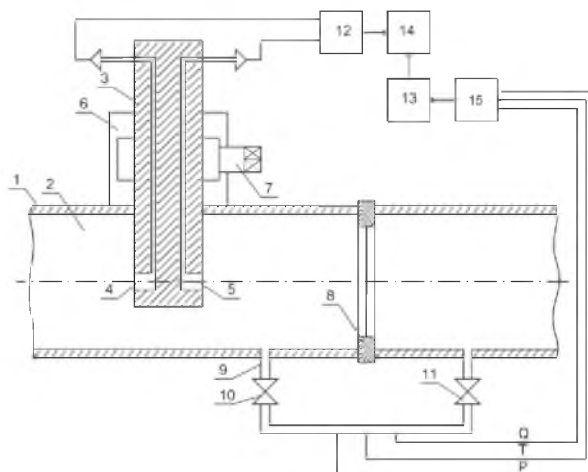


Рисунок 1 – Схема парціального витратоміра

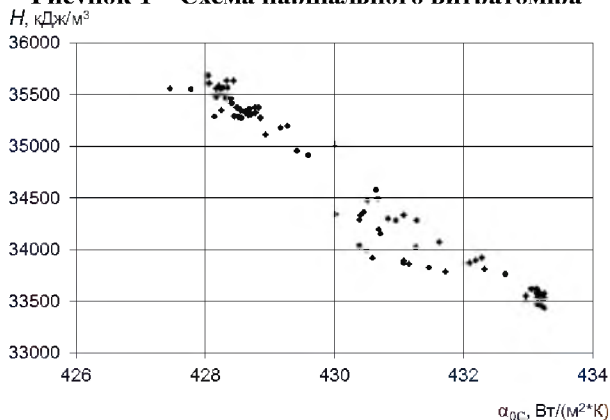


Рисунок 2 – Графічна залежність нижчої теплоти згорання НС природного газу від коефіцієнта тепловіддачі α_{0C} термоанемометричного перетворювача

З цього рисунка слідує висновок про наявність закономірностей зміни нижчої теплоти згорання H_C за стандартних умов від коефіцієнта тепловіддачі α_{0C} , що дозволяє методом апроксимації експериментальних даних, записати таку функціональну залежність:

$$H_C(\alpha_{0C}) = -406,45 \cdot \alpha_{0C} + 209501, \text{ Дж/м}^3. \quad (2)$$



Враховуючи те, що коефіцієнт α_0 визначається за формулою (1) за робочих умов функціонування витратоміра, його значення потрібно привести до стандартних умов. Для цього на основі набору розрахованих значень коефіцієнта тепловіддачі при робочих тисках 0,1...2,0 МПа і температурах 0...30 °С отримано апроксимаційну залежність, яка дозволила математично зв'язати коефіцієнт тепловіддачі α_0 з тиском і температурою робочого середовища за умови відсутності його потоку і використання термоанемометричного перетворювача з чутливим елементом діаметром 30 мкм. На підставі цього отримана формула для перерахування коефіцієнта α_0 до його значення за стандартних умов робочого середовища α_{0C} :

$$\alpha_{0C} = \frac{429,06\alpha_0}{\left(-2,061 \cdot 10^{-12} p^2 + 8,785 \cdot 10^{-5} p + \right.} \quad (3)$$
$$\left. + 1,681T - 2,316 \cdot 10^{-7} pT - 65,7 \right)$$

Наведена модель дозволяє визначений за формулою (1) при функціонуванні витратоміра коефіцієнт тепловіддачі термоанемометричного перетворювача за робочих умов привести до стандартних умов за формулою (3), а потім, використовуючи формулу (2) отримати числове значення нижчої теплоти згорання природного газу, що в добутку із виміряною витратою напірним перетворювачем характеризує енергетичну цінність потоку природного газу.

Розроблений кореляційний статистичний метод потокового визначення енергетичної цінності природного газу обґрунтовує можливість створення витратомірів нового типу для реалізації європейського підходу до обліку природного газу.

Літературні джерела

1. Природний газ. Визначення енергії: ДСТУ ISO 15112:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 48 с.
2. Пат. 91778 U Україна, МПК (2014.01) G 01 F 1/00. Парціальний витратомір / Середюк О.Є., Малісевич В.В. – № u201402428; заявл. 11.03.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.