

# МЕТОДИ І ПРИЛАДИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ РІДКОЇ І ГАЗОПОДІБНОЇ ФАЗ

УДК 658.562:681.121

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТІВ ВАГОМОСТІ СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

© Середюк Д.О., 2005

ДП "Івано-Франківськстандартметрологія"

© Кісіль І.С., 2005

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*Запропонована методика розрахунку коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості лічильників газу з метою оцінки їх технічного стану. Наведено приклад визначення цих коефіцієнтів і комплексного показника якості для роторних лічильників газу*

Питання оцінювання якості продукції є завжди актуальним не тільки для споживачів, але і для виробників продукції. Для цього можна використовувати комплексний показник якості (КПЯ), який дозволяє оцінювати рівень якості продукції враховуючи її характеристики [1]. Цим показником можна користуватися також при зміні конструкції засобу вимірювальної техніки з метою оцінки рівня його досконалості [2].

Враховуючи актуальність питання енергозбереження і наявність на ринку для споживачів великого набору засобів обліку природного газу, доцільно об'єктивно оцінити їх якість [3]. Оцінка якості того чи іншого газового лічильника тільки по одному показнику технічної характеристики є неповною. Тому доцільно для такого виду продукції використовувати КПЯ, що одночасно характеризує декілька її характеристик.

Однією із перших спроб застосування КПЯ для оцінки якості лічильників газу є робота [4], в якій аналізується можливість застосування методу цінкових кореляцій для розрахунку КПЯ. Однак цей метод базується на використанні ціни виробу, яка не завжди відповідає технічному рівню продукції і відображає попит на неї, а має елементи суб'єктивного впливу. Відомі дослідження щодо застосування КПЯ для оцінки технічного рівня лічильників газу, який міг би оцінювати рівень якості як нового виробу, так і зміну його технічного рівня під час експлуатації [5]. Однак для цього необхідно об'єднати окремі показники якості виробу в КПЯ з урахуванням коефіцієнтів вагомості

окремих показників якості [1,6], що для лічильників газу дотепер ще не зроблено.

Метою роботи є розробка методики визначення коефіцієнтів вагомості з метою визначення КПЯ лічильників газу при оцінці їх технічного стану шляхом діагностування чи проведення метрологічних досліджень.

Відомі методи практичного визначення коефіцієнтів вагомості для засобів вимірювальної техніки [7,8] і для продуктів харчування [9] передбачають застосування експертного методу оцінювання якості, який для лічильників газу є недостатньо об'єктивним, так як багато із технічних характеристик з точки зору представників газопостачальних організацій може суттєво відрізнятись від точки зору споживачів природного газу. Тому необхідно використовувати такі показники, коефіцієнти вагомості яких в КПЯ можна було б визначати розрахунковим шляхом на базі об'єктивно отриманих даних, наприклад, під час випробувань чи метрологічних досліджень лічильників.

Для визначення КПЯ  $K$  лічильника газу пропонується об'єднати всі вибрані для аналізу одиничні показники якості згідно однієї із відомих математичних моделей, наприклад, з застосуванням середнього зваженого арифметичного показника якості [2,6]:

$$K = \sum_{i=1}^N K_i \cdot \gamma_i, \quad (1)$$

де  $K_i$  – значення одиничного  $i$ -го показника якості

лічильника, що характеризує одну із його характеристик;  $\gamma_i$  – коефіцієнти вагомості  $i$ -го показника якості, які є предметом дослідження даної роботи;  $N$  – кількість вибраний для аналізу одиничних показників якості.

Вважаючи, наприклад, що найбільш загливими одиничними показниками якості лічильників газу, які характеризують їх технічний стан, є похибка лічильника, втрата тиску при проходженні газу через нього та поріг чутливості, то реалізація пропонованої методики визначення коефіцієнтів вагомості буде наступною.

Одиничний показник якості для похибки лічильника  $K_\delta$  нами рекомендується розраховувати згідно формули:

$$K_\delta = \left| \frac{K_{насн}}{K_{нох}} \right|, \quad (2)$$

де  $K_{насн}$  – значення основної допустимої похибки лічильника газу, яка відповідає його паспортному значенню;  $K_{нох}$  – середнє зважене значення похибки лічильника газу.

Для вітчизняних і закордонних промислових лічильників згідно діючих нормативних документів допустима похибка  $K_{насн}$  становить  $\pm 1\%$  [3], а для побутових лічильників газу  $\pm 2,5\%$  [3,10]. У виразі (2) використовується модуль тому, що похибки  $K_{насн}$  і  $K_{нох}$  можуть мати різні знаки, а отже, одиничний показник  $K_\delta$  може бути з різним знаком.

Для розрахунку середнього зваженого значення похибки  $K_{нох}$  лічильника газу скористаємося таким відомим виразом [11]:

$$K_{нох} = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{Q_j}{Q_{max}} \cdot \delta_j \right)}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{Q_j}{Q_{max}} \right)}, \quad (3)$$

де  $\delta_j$  – похибка лічильника газу при  $j$ -их значеннях витрати  $Q_j$ , які приймаються рівними:  $Q_{min}$ ;  $0,05 \cdot Q_{max}$ ;  $0,1 \cdot Q_{max}$ ;  $0,15 \cdot Q_{max}$ ;  $0,25 \cdot Q_{max}$ ;  $0,40 \cdot Q_{max}$ ;  $0,70 \cdot Q_{max}$ ;  $1,0 \cdot Q_{max}$ ;  $Q_{min}$ ;  $Q_{max}$  – нормовані мінімальне та максимальне значення витрати для досліджуваного типорозміру лічильника газу відповідно;  $n$  – кількість досліджуваних витрат.

Так як  $K_{нох}$  оцінює похибку лічильників газу, то йому надається найбільше уваги серед метрологічних характеристик лічильника. Однак далі його будемо використовувати як одиничний показник якості лічильника газу. З аналізу діапазону зміни даного показника слідує, що значення його буде кращим за умови, коли числове значення середнього зваженого значення похибки  $K_{нох}$  буде якомога ближчим до нуля.

Для моделювання  $K_{нох}$  з метою визначення одиничного показника якості  $K_\delta$  використаємо типову криву залежності величини похибки  $\delta$ , як приклад, для роторного лічильника від витрати  $Q$  (рис.1), при умові неперевищення похибки

лічильника  $+1\%$  на витратах  $0,2 \cdot Q_{max} \div Q_{max}$  з одного боку і не є менше  $-2\%$  на витратах  $Q_{min}$  з другого боку [3].

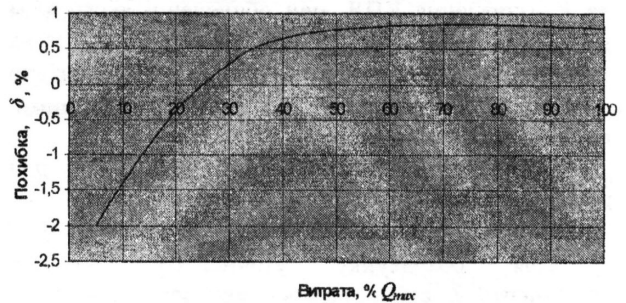


Рис. 1. Типова крива залежності величини похибки  $\delta$  роторного лічильника від витрати

Використовуючи залежності (2) та (3), а також дані рис. 1 для восьми фіксованих значень витрати, розраховане значення одиничного показника якості  $K_\delta$  буде становити 2,611.

Другим показником якості при діагностуванні лічильників газу є втрати тиску на ньому під час роботи. Одиничний показник якості для перепаду тиску на лічильнику  $K_{\Delta p}$  нами рекомендується розраховувати за формулою:

$$K_{\Delta p} = \frac{\Delta P_{норм}}{\Delta P_{факт}}, \quad (4)$$

де  $\Delta P_{факт}$ ,  $\Delta P_{норм}$  – фактичне і регламентоване нормативними документами значення перепаду тиску на лічильнику газу відповідно.

При діагностуванні лічильників перепад тиску  $\Delta P_{факт}$  не повинен перевищувати значення  $\Delta P_{норм}$ .

Поріг чутливості – це мінімальне значення витрати газу, при якій починає функціонувати вимірювальний механізм лічильника. Для оцінки такої метрологічної характеристики приймаємо, що значення порогу чутливості для лічильників газу повинно становити  $(1/3) \cdot Q_{min}$  [10]. Тому для визначення одиничного показника якості для порогу чутливості може бути використане співвідношення

$$K_{пч} = \frac{Q_{min}}{3 \cdot Q_{факт}}, \quad (5)$$

де  $Q_{факт}$  – значення витрати порогу чутливості для даного лічильника газу.

Згідно з цим показником лічильник вважається кращим, коли у нього є меншим значення порогу чутливості.

Враховуючи те, що для оцінки  $\Delta P_{факт}$  і  $Q_{факт}$  відсутні аналогічні (2) залежності, а також виходячи з умов дотримання нормованих і фактичних значень щодо перепаду тиску і порогу чутливості, вибираємо значення  $K_{пч}$  та  $K_{\Delta p}$  рівними 1.

У відповідності з (2), (4), (5) вираз (1) матиме вигляд:

$$K = K_{\delta} \cdot \gamma_{\delta} + K_{\Delta p} \cdot \gamma_{\Delta p} + K_{пч} \cdot \gamma_{пч}, \quad (6)$$

де  $K$  – значення КПЯ, при обчисленні якого всім ваговим коефіцієнтам  $\gamma_i$  згідно (1) присвоюються на 1-му етапі початкові значення  $1/3 = 0,333$  згідно рівносильного розподілу між трьома одиничними показниками якості  $\gamma_{\delta}, \gamma_{\Delta p}, \gamma_{пч}$ .

Враховуючи вищевказане, тоді КПЯ для роторних лічильників газу буде таким:

$$K = 2,611 \cdot 0,333 + 1 \cdot 0,333 + 1 \cdot 0,333 = 1,536.$$

Для розрахунку уточненого значення коефіцієнта  $\gamma_{\delta}$  скористаємося методом визначення співвідношення приросту КПЯ  $K$  до приросту одиничного показника  $K_{\delta}$  [2], тобто задаючи приріст 10% одиничного показника  $K_{\delta}$ . В результаті отримуємо, що

$$\gamma_{\delta} = 0,1 \cdot \frac{K_1 - K}{K}, \quad (7)$$

де  $K_1$  – значення КПЯ, яке розраховане згідно (6) при зміні першого одиничного показника до такого значення:

$$K_1 = (K_{\delta} + 0,1 \cdot K_{\delta}) \cdot \gamma_{\delta} + K_{\Delta p} \cdot \gamma_{\Delta p} + K_{пч} \cdot \gamma_{пч}. \quad (8)$$

В результаті проміжне значення  $K_1$  буде становити 1,622.

У відповідності з (7) отримуємо, що проміжне значення  $\gamma_{\delta} = 0,56$ , тобто коефіцієнт вагомості для середнього зваженого значення похибки став більшим, ніж його початкове значення.

Аналогічні математичні операції проводимо з показниками  $K_{\Delta p}$  та  $K_{пч}$ . В результаті отримуємо такі проміжні значення:  $\gamma_{\Delta p} = 0,208$ ;  $\gamma_{пч} = 0,208$ .

Сумуючи проміжні значення всіх отриманих коефіцієнтів вагомості  $\gamma_i$ , знаходимо значення  $\Sigma_{\gamma}$ .

Для роторних лічильників газу отримуємо:

$$\Sigma_{\gamma} = 0,56 + 0,208 + 0,208 = 0,976.$$

Враховуючи умову, що сума всіх коефіцієнтів вагомості  $\Sigma_{\gamma}$  при визначенні КПЯ повинна бути рівною 1, проведемо зведення суми вагових коефіцієнтів до одиниці шляхом їх множення на коефіцієнт  $1/\Sigma_{\gamma}$ , тобто на  $1/0,976$ . Уточнені значення коефіцієнтів вагомості розраховують так:

$$\begin{aligned} \gamma_{\delta n} &= \gamma_{\delta} \cdot \left( \frac{1}{\Sigma_{\gamma}} \right); \\ \gamma_{\Delta p n} &= \gamma_{\Delta p} \cdot \left( \frac{1}{\Sigma_{\gamma}} \right); \\ \gamma_{пч n} &= \gamma_{пч} \cdot \left( \frac{1}{\Sigma_{\gamma}} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Для роторних лічильників газу вони будуть рівними 0,574; 0,213; 0,213 відповідно, а значення суми  $\Sigma_{\gamma}$  буде становити:

$$\Sigma_{\gamma} = 0,574 + 0,213 + 0,213 = 1.$$

Підстановкою отриманих уточнених значень вагових коефіцієнтів згідно (9) у (6) отримуємо таку кінцеву формулу для розрахунку комплексного показника якості лічильників газу  $K$  з врахуванням приведенних значень трьох коефіцієнтів вагомості:

$$K = \frac{K_{посн}}{K_{пox}} \cdot \gamma_{\delta n} + \frac{\Delta P_{норм}}{\Delta P_{факт}} \cdot \gamma_{\Delta p n} + \frac{Q_{min}}{3 \cdot Q_{факт}} \cdot \gamma_{пч n}, \quad (10)$$

де  $\gamma_{\delta n}$ ,  $\gamma_{\Delta p n}$ ,  $\gamma_{пч n}$  – уточнені значення вагових коефіцієнтів, які визначені за вищевказаною методикою.

Результат розрахунку уточненого значення КПЯ для роторних лічильників газу згідно (10) становить 1,925.

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок, що самим вагомим одиничним показником якості для оцінки технічного рівня роторних лічильників газу є похибка лічильника, а вагомості таких одиничних показників, як втрата тиску та поріг чутливості є меншими.

Дана методика визначення коефіцієнтів вагомості і обчислення КПЯ може використовуватись для оцінки технічного рівня витрато-виміральної техніки не тільки на основі їх метрологічних та експлуатаційних характеристик, а й по конструктивних, ресурсних та показниках безпеки. Запропоновану методику можна також трансформувати до застосування для робочих еталонів об'єму газу. Це є суттєвим фактором для вирішення проблеми надання переваги певному виду чи типу витрато-виміральної техніки на державних конкурсах та тендерах.

1. ДСТУ 2925-94 Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. 2. Минин Б.А. Уровень качества. Социально-экономические вопросы оценки качества и защита потребителя. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 184с. 3. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник. / Андрійшин М.П., Канєвський С.О., Карпаш О.М., Марчук Я.С., Петришин І.С., Руднік А.А., Середюк О.Є., Чеховський С.А. – Івано-Франківськ: ПП «Сімик». 2004. – 160с. 4. Петришин І.С., Середюк Д.О. Аналіз комплексного показника якості турбінних лічильників газу // Приладобудування 2004: стан і перспективи: Зб. наук праць третьої наук.-техн. конф. – Київ: НТУУ «КПІ», 2004. – С.242-243. 5. Середюк Д.О., Петришин Н.І. Застосування комплексного показника якості для оцінки технічного рівня лічильників газу // Вимірювання витрати та кількості газу: Матеріали Всеукраїнської наук.-техн. конф. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2005. – С. 60. 6. Азгальдов Г.Г. Райхман П.П. О квалитетри. – М.: Изд. стандартов, 1972. – 172с. 7. Контроль

якості лічильників електричної енергії при їх випробуваннях / В.О. Поджаренко, В.Ю. Кучерук, В.М. Севастьянов, О.Г. Ігнатенко, // Вісник Вінницького ДТУ. – №1, 2003. – С.167-172. 8. Столярчук П.Г., Бойко О.В., Куць В.Р. Метод визначення коефіцієнтів вагомості показників якості продукції // Методи та прилади контролю якості. – №13, 2005. – С. 91-95. 9. Сидоренко О.

Методологічні та прикладні аспекти оцінювання якості та конкурентоспроможності товарів // Стандартизація, сертифікація, якість. – №1, 2005. – С. 63-67. 10. ДСТУ 3336-96 Лічильники газу побутові. Загальні технічні вимоги. 11. МОЗМ Р 32. Ротационные поршневые счетчики газа и турбинные счетчики газа. Международные рекомендации, 1989.

УДК 53.08; 621.38

## СИСТЕМА ОБЛІКУ СПОЖИТОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ

© Столярчук П.Г., Яцук В.О., Голука Б.М., Здеб В.Б., 2005  
Національний університет „Львівська політехніка”

© Лозбін В.І., 2005  
„Люблінська політехніка”, Польща

**Розглянуті питання побудови системи обліку спожитої теплової енергії індивідуальними споживачами в будівлях з багатоввідним теплостачанням**

Для комунального господарства України за умов недостатності власних ресурсів, перманентного дорожчання та нестабільності ринку енергоносіїв постійно актуальною є проблема їх економії. Основна частина житлового фонду має централізоване постачання енергоносіями, причому за багатопідвідним колективним принципом. Фізичне зношування будівель та устаткування призводить до зростання енергоспоживання. На сьогодні не розроблено стандартизованих методів та методик, які б об'єктивно (через економічні показники) стимулювали кожного індивідуального споживача до всебічної економії енергоносіїв.

Сьогодні масово встановлюються лічильники спожитих тепла, природного газу, холодної і гарячої води. Однак постачання енергоносіями є неритмічним, їх якісні показники об'єктивно не контролюються, що призводить до порушення прав споживачів і унеможливує реалізацію Постанови Кабінету Міністрів України “Правила надання населенню послуг з тепло-, водопостачання та водовідведення” №1497 від 30.12.1997р. [1]. Існуючі індивідуальні лічильники енергоносіїв морально застаріли, мають недостатньо високий клас точності для комерційного обліку, не контролюють якість надаваних послуг з енергопостачання та не дозволяють автоматизувати процеси обліку, контролю, діагностування працездатності та розрахунків за спожиті енергоносії [2-7]. Крім того, в них відсутні можливості урахування якості спожитих енергоносіїв. Не розроблені також питання бездемонтажної метрологічної перевірки

(на місці експлуатації) як окремих лічильників, так і будинкових систем комерційного обліку енергоносіїв.

Сучасний стан розвитку мікроелектронних та інформаційних технологій з доступними за ціною та об'ємами поставок елементної бази та засобів обчислювальної техніки дає можливість стверджувати про доцільність та можливість розроблення будинкових систем комерційного обліку спожитих енергоносіїв для індивідуальних споживачів [6-8]. Суть методики обліку індивідуально спожитого тепла полягає у визначенні та інтегруванні різниць температур між опалювальним пристроєм і опалюваним приміщенням і базується на визначенні температури і різниць температур. Так як діапазон вимірюваних температур становить приблизно (0...+100) °С, а різниць температур лише  $\pm(3...5)$  °С, то показано, що при необхідному рівні точності в багатоканальних системах обліку найдоцільніше використовувати в них напівпровідникові сенсори [6-11]. Окрім цього, окремою важливою задачею є визначення і кількісне врахування рівня якості при наданні житлово-комунальних послуг [1].

Вказані вимоги враховані в розробленій структурній схемі багатоканальної системи обліку спожитої теплової енергії на опалення (рис. 1) [12], яка базується на використанні дешевих перетворювачів температури із взаємозамінними характеристиками з мінімізацією кількості та довжини з'єднувальних ліній і підвищенні точності вимірювання кількості спожитого тепла [9-11].