

# Прикладні аспекти: вимірювання витрат та об'єму

УДК 681.121

А.Г. Винничук

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

## ДОСЛІДЖЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ВИТРАТИ БУДИНКОВОЇ ГАЗОВОЇ МЕРЕЖІ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

*Проведений аналіз сучасного стану метрологічних досліджень побутових лічильників газу по місцю експлуатації. Сформульовані технічні засади побудови установок для діагностування побутових лічильників газу. Наведені результати експериментальних досліджень стабільності тиску будинкової газової мережі та обґрунтована можливість її використання як джерела витрати при діагностуванні побутових лічильників газу.*

**Ключові слова:** природний газ, побутовий лічильник газу, діагностування, стабільність, невизначеність вимірювань.

### Вступ

Питання збереження природних ресурсів внаслідок їх обмеженої кількості в надрах землі з кожним роком набуває все більшої актуальності. До таких природних ресурсів належить і природний газ, значну частку якого Україна закуповує за кордоном. Одним із шляхів підвищення ефективності використання природного газу є його точний і достовірний облік в промисловості і комунально-побутовій сфері, до якої належить поквартирний і побудинковий облік газу.

Впродовж останніх років неухильно зростає кількість встановлених побутових лічильників газу (ПЛГ) в помешканнях житлового фонду населення. Водночас велика кількість лічильників відпрацювали перший міжповірочний інтервал і підлягають періодичній повірці, яка є значною вартісною операцією, що передбачає демонтаж лічильника, доставку до місця повірки і монтаж у газоспоживача. Тому доцільним є дослідження метрологічних характеристик ПЛГ впродовж міжповірочного інтервалу і безпосередньо на місці експлуатації. Адже при знятті лічильника і доставці до місця повірки його метрологічні характеристики можуть бути змінені, як в кращу так і в гіршу сторону.

Для вирішення питання перевірки правильності функціонування ПЛГ можна використовувати спосіб визначення їх метрологічних характеристик за допомогою діагностувальних установок [1]. Їх створення передбачає використання еталонного засобу опосередкованого вимірювання витрати природного газу [2], суть якого зводиться до коригування показів еталонного засобу з урахуванням тиску і темпе-

ратури природного газу. Для реалізації такого підходу необхідно дослідити зміну тиску і температури природного газу при його протіканні газовою мережею від ПЛГ до еталонного засобу вимірювання.

Аналіз літературних джерел показав, що відомі функціональні залежності зміни параметрів природного газу стосуються перш за все питань проектування систем газопостачання населених пунктів [3] або трубопровідного транспортування газу взагалі [4].

Відомі наукові дослідження [5], де розглядаються прикладні питання вивчення гідродинамічних процесів в еталонних витратовимірювальних установках. Однак наведені в них залежності і результати розрахунків стосуються тільки еталонних повірочних установок і не конкретизують числових значень використаних при цьому коефіцієнтів у розрахункових формулах.

**Метою роботи** є дослідження впливу параметрів газової мережі на точність діагностувальної установки для побутових лічильників газу, зокрема стабільності тиску в газовій мережі.

### Виклад основного матеріалу

Зважаючи на те, що практично всі відомі вітчизняні повірочні установки є стаціонарного виконання і працюють на повітрі, необхідною умовою створення установок для діагностування ПЛГ на базі торцевих звужувальних пристроїв є мобільність і функціонування на природному газі. З урахуванням того, що на даний час в Україні відсутні установки, які можна застосовувати для діагностування ПЛГ на місці експлуатації, є актуальним питання їх розроблення [6]. Результати проведених досліджень дають

можливість сформулювати такі технічні засади побудови установок для діагностування ПЛГ [7]:

- робоче середовище (природний газ);
- значення основної допустимої похибки (не вище  $\pm 1\%$ );
- діапазон робочих витрат (поріг чутливості, мінімальна витрата, подвійне значення мінімальної витрати, 10 % максимальної витрати ПЛГ);
- можливість дослідження ПЛГ типів G1,6,

G2,5, G4, G6;

- мобільність виконання;
- застосування пристрою документування результатів контролю;
- відхилення об'ємних витрат через ПЛГ від заданих значень при дослідженні ПЛГ повинне відповідати вимогам [7].

Значення контрольованих витрат при реалізації діагностування за [7] подані в табл. 1.

Таблиця 1

Контрольовані витрати при повірці ПЛГ

Типорозмір ПЛГ	$Q_{\min}/3$ , м <sup>3</sup> /год	$Q_{\min}$ , м <sup>3</sup> /год	$2Q_{\min}$ , м <sup>3</sup> /год	$0,1Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /год	$Q_{\text{ном}}$ , м <sup>3</sup> /год	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /год
G1,6	0,005	0,016	0,032	0,25	1,6	2,5
G2,5	0,008	0,025	0,05	0,40	2,5	4,0
G4	0,013	0,040	0,08	0,60	4,0	6,0
G6	0,020	0,060	0,12	1,00	6,0	10,0

Значення витрат, які будуть реалізовані при діагностуванні ПЛГ визначаються конкретними технічними засобами і можливістю відтворення заданих витрат, про що буде конкретизовано нижче.

Подача природного газу комунально-побутовим споживачам здійснюється мережею низького тиску (до 0,5 МПа). Внаслідок нерівномірного та непостійного в часі відбору газу по її довжині виникає нестабільність значення надлишкового тиску в ній.

В разі здійснення дослідження побутових лічильників газу ПЛГ по місцю експлуатації газова мережа слугуватиме джерелом витрати. Як наслідок виникає необхідність її дослідження на критерій стабільності за таких умов використання.

При дослідженні лічильників газу витрата робочого середовища повинна бути постійною або повільно змінною в часі. Згідно [8] допускаються пульсації потоку, якщо виконується наступна умова не перевищення середнього квадратичного відхилення миттєвих значень перепаду тиску:

$$S_Q = \frac{\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta p_i - \overline{\Delta p})^2 \right)^{1/2}}{\overline{\Delta p}} \leq 0,1 \quad (1)$$

де  $n$  – число вимірювань перепаду тиску за інтервал часу, прийнятий для оцінки пульсацій потоку;  $i$  – номер вимірювання;  $\Delta p_i$  – значення перепаду тиску на звукувальному пристрої при  $i$ -му вимірюванні;

$\overline{\Delta p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta p_i$  – середнє значення перепаду тиску

на звукувальному пристрої.

Для підтвердження можливості використання будинкової газової мережі в якості стабільного джерела витрати необхідно оцінити невизначеність від-

творення нею витрати. Для цього необхідно розрахувати методичну та випадкову складові невизначеності.

Джерелом випадкової складової невизначеності відтворення витрати газу будинковою мережею є наявність в ній пульсацій тиску. Для оцінки чисельного значення цієї складової було проведено ряд експериментальних досліджень.

Під час проведення дослідження ПЛГ на місці експлуатації вимірювання перепаду тиску на торцевому звукувальному пристрої проводиться кожних 10 с. За результатами кожного вимірювання здійснюється розрахунок об'єму газу, який протік через торцевий звукувальному пристрої, та сумується його загальний об'єм на протязі дослідження (мінімальною тривалістю 10 хв), для кожного значення контрольної витрати. За таких умов було проведено ряд досліджень ПЛГ мембранного типу G 1,6 в умовах експлуатації. Графічна інтерпретація результатів вимірювання надлишкового тиску подані на рис. 1, а результати досліджень стабільності тиску з розрахунком за типом А значенням невизначеності  $u_A(\Delta P)$  наведені в табл. 2. Максимальне значення  $u_A(\Delta P)$  рівне 0,0133 відн.од.

Таблиця 2

Результати досліджень будинкової газової мережі

Середнє значення перепаду тиску на торцевому ЗП, Па	$u_A(\Delta P)$ , відн. од.
2056	0,0084
1010	0,0119
2350	0,0129
3016	0,0079
1005	0,0133

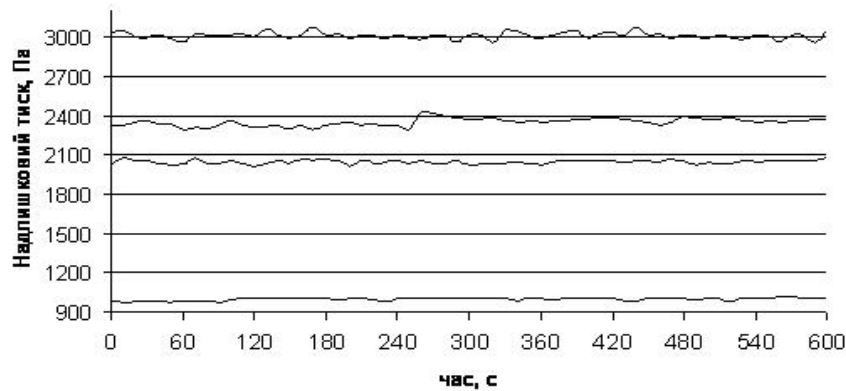


Рис. 1. Зміна надлишкового тиску при проведенні метрологічних досліджень з використанням будинкової газової мережі як джерела витрати

Для вимірювання надлишкового тиску в будинковій газовій мережі використовувався дифманометр типу ROZEMOUNT (верхня межа вимірювання 4 кПа, межа допустимої зведеної похибки  $\pm 0,075\%$ ). При цьому абсолютна похибка дифманометра становитиме:

$$\Delta(\Delta P) = \frac{0,075 \cdot 4}{100} = 0,003 \text{ кПа.} \quad (2)$$

Враховуючи, що дана абсолютна похибка означає стандартну невизначеність типу В, яка за умови рівномірного закону розподілу ймовірності появи будь-якого результату з даного діапазону вимірювань, дає можливість записати:

$$u_B(\Delta P) = \frac{\Delta(\Delta P)}{\sqrt{3}} = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ кПа.} \quad (3)$$

Отже методична складова невизначеності стабільності витрати у відносних одиницях складає 0,0043.

Сумарна невизначеність за умови відсутності кореляції між вище вказаними складовими буде визначатись наступним чином:

$$u_C = \sqrt{u_A^2(\Delta P) + u_B^2(\Delta P)} = 0,0139, \text{ відн.од.} \quad (4)$$

Розширена невизначеність при заданій ймовірності 0,95 визначається через коефіцієнт охоплення  $k=2$ :

$$U = k \cdot u_C = 0,0278 \text{ відн.од., при } P=0,95. \quad (5)$$

## Висновки

На основі проведеного аналізу сформульовані технічні засади побудови установок для діагностування побутових лічильників газу.

На основі результатів проведених експериментальних досліджень (табл. 2), показник стабільності тиску газової мережі при дослідженні ПЛГ в умовах експлуатації на порядок менший максимально допустимої норми регламентованої нормативним документом [8]. Тому будинкова газова мережа за критерієм стабільності відповідає нормативним вимогам.

Розраховане значення розширеної невизначеності обґрунтовує можливість використання будинкової газової мережі як джерела витрати при діагностуванні побутових лічильників газу по місцю експлуатації.

## Список літератури

1. Середюк О.Є. Техніко-метрологічні засади побудови діагностувальних установок для побутових лічильників газу / О.Є. Середюк, С.А. Чеховський, А.Г. Винничук // *Нафтова і газова промисловість*. – 2006. – № 6. – С. 38–42.
2. Пат. 16522 U Україна, МПК (2006) G 01 F 25/00. Спосіб діагностування та перевірки побутових лічильників газу/ Середюк О.Є., Чеховський С.А., Винничук А.Г. та інш. – №и200601289; заявл. 09.02.06; опубл. 15.08.06, Бюл.№8.
3. Середюк М.Д. Проектування та експлуатація систем газопостачання населених пунктів / М.Д. Середюк, В.Я. Малик, В.Т. Болонний. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 436 с.
4. Трубопровідний транспорт газу/М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків [та ін.]. –К.: Арена, 2002.–598с.
5. Середюк О.Є. Мобільна установка для бездемонтажного діагностування побутових лічильників газу / О.Є. Середюк, А.Г. Винничук // *Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці (ІФНТУНГ-40): Міжнар. наук.-техн. конф., 16-20 квітня 2007р., Івано-Франківськ: анотації – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2007. – С. 137.*
6. Середюк О.Є. Техніко-метрологічні засади побудови діагностувальних установок для побутових лічильників газу / О.Є. Середюк, С.А. Чеховський, А.Г. Винничук // *Нафтова і газова промисловість*. – 2006. – №6. – С. 38-42.
7. Лічильники газу побутові. Правила приймання та методи випробувань: ДСТУ 3607-97.– К.: Держстандарт України, 1997. – 24 с. – (Державний стандарт України).
8. Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1-5: ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 - ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 – [Чинний від 2010-04-01]. – К.: Держстандарт України, 2009.

Надійшла до редколегії 1.04.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Є. Середюк, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

**ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСХОДЫ ДОМОВОЙ ГАЗОВОЙ СЕТИ  
ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА**

А.Г. Винничук

*Проведен анализ современного состояния метрологических исследований бытовых счетчиков газа по месту эксплуатации. Сформулированы технические основы построения установок для диагностирования бытовых счетчиков газа. Приведены результаты экспериментальных исследований стабильности давления домовой газовой сети и обоснована возможность ее использования как источника расхода при диагностировании бытовых счетчиков газа.*

**Ключевые слова:** природный газ, бытовой счетчик газа, диагностирование, стабильность, неопределенность.

**RESEARCH OF UNCERTAINTY OF FLOW REPRODUCTION IN GAS NETWORK  
DURING DOMESTIC GAS METERS DIAGNOSING**

A.G. Vynnychuk

*The current state metrological studies of domestic gas meters at the place of operation was analyzed. The technical principles of construction of facilities for the diagnosis of domestic gas meters were formulated. The experimental results with the stability of the house-pressure gas network and the opportunity of using it as a flow source for diagnosing domestic gas meters.*

**Keywords:** natural gas, domestic gas meters, diagnostics, stability, uncertainty.