

## ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТУРБІННОГО ВИМІРЮВАЧА ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ГАЗУ ДЛЯ ЕКСПРЕС-ПОВІРКИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

© Бакулін<sup>1)</sup> Є.М., Сидоренко<sup>1)</sup> С.П., Дарвай<sup>2)</sup> І.Я., Рибіцький<sup>3)</sup> І.В., Карнаш<sup>3)</sup> М.О., 2007

<sup>1)</sup>НАК „Нафтогаз України”, м.Київ

<sup>2)</sup>ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”

<sup>3)</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*Розглянуто нові методологічні підходи до реалізації методів і засобів експрес-повірки побутових лічильників газу шляхом використання спеціалізованих сучасних високоточних портативних пристроїв обліку швидкості потоку газу. Проведено серію експериментальних досліджень з допомогою пристрою Hontzsch HFA-Ex, які підтверджують, що на його базі може бути створена переносна установка для експрес-повірки побутових та промислових лічильників газу без їх демонтажу*

Відповідно до Закону України [1] переважна більшість засобів обліку енергоносіїв (засобів вимірювальної техніки - ЗВТ) підлягають метрологічній повірці. ЗВТ, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці через встановлені міжповірочні інтервали [2].

Особливої гостроти набуває питання достовірності обліку, зокрема, в побуті, де споживається до 30% усього газу в Україні. На практиці процедура проведення повірки побутових газових лічильників пов'язана із рядом проблем як метрологічного (повірка лічильників в нижньому діапазоні вимірювань), так і практичного характеру – втручання в газову мережу для демонтажу/монтажу лічильника, їх транспортування до місця повірки, витрат на ці процедури, обліку газу під час повірки ЗВТ, безпеки при виконанні усіх описаних операцій.

Очевидно, що вирішення цих проблем за умови виконання головної мети повірки – це встановлення придатності ЗВТ до застосування на підставі результатів контролю їх метрологічних характеристик, можливо вирішити шляхом впровадження методів і засобів експрес-повірки побутових лічильників газу без вилучення останніх з діючих мереж.

В даний час розроблено значну кількість методів та способів проведення експрес-діагностики лічильників [3-7]. Проте усі вони мають певні недоліки: невисока точність, нетехнологічність, недостатня безпечність та ін.

Мета даної роботи полягає у розробленні нових методологічних підходів до реалізації методів і засобів експрес-повірки побутових лічильників газу шляхом аналізу використання спеціалізованих

сучасних високоточних портативних пристроїв обліку швидкості потоку газу.

Для вказаних цілей пропонується використати вимірювальний прилад „Hontzsch HFA-Ex”, який призначений для промислових потреб та складається з турбінно-потокowego сенсора та блоку оброблення результатів (рис. 1). Турбінно-потокowy сенсор представляє собою циліндричний зонд діаметром 25 мм, виготовлений з алюмінію. Турбінка сенсора виготовлена з того самого матеріалу, що й зонд, і розміщена на голкових підшипниках. Вісь виготовлена з гартованої сталі, п'яти підшипників – із синтетичного сапфіра [9].



Рис. 1. Пристрій для вимірювання швидкості потоку „Hontzsch HFA-Ex” (фото)

Даний сенсор відноситься до турбінних перетворювачів витрати з аксіальною турбінкою [10]. Швидкість обертання турбінки пропорційна швидкості потоку газу на вимірювальній ділянці, тобто, вимірюючи швидкість руху турбінки на протязі визначеного проміжку часу, можна визначити

об'єм газу, що пройшов через дану ділянку. Суттєвими перевагами турбінних перетворювачів витрати є швидкодія, висока достовірність у визначеному діапазоні витрати та тиску, а також порівняно великий діапазон вимірювання. До недоліків слід віднести зношування опор, тому вони є непридатними для речовин, які містять механічні домішки. Крім того, із збільшенням в'язкості досліджуваних речовин діапазон лінійної характеристики взаємозалежності швидкості потоку і швидкості обертання турбінки зменшується, що виключає їх використання для в'язких середовищ.

Турбінка сенсора є співвісною з напрямом потоку, а лопасті розміщені за гвинтовою лінією. Число обертів лопастей турбінки не залежить від густини, тиску та температури вимірюваного середовища, а завдяки своїй малій масі турбінку можна використовувати для вимірювань в газових потоках завдяки високій чутливості до зміни швидкості потоку газу. Характерною особливістю приладу, що використовувався в ході досліджень, є широкий діапазон вимірювання швидкості потоку - від 0,2 м/с до 120 м/с. Дані, отримані під час вимірювань, перераховують з урахуванням поправочного коефіцієнта, що залежить від діаметру труби, в якій вимірюють швидкість потоку газу. Також слід зазначити, що даний прилад є портативним, вибухо- та пожежозахисним і сертифікований для використання в вибухонебезпечних середовищах.

Враховуючи вищевказані характеристики приладу HFA-Ex, для перевірки можливості його використання для експрес-перевірки побутових лічильників газу було виготовлено спеціалізовану експериментальну вимірювальну ділянку, яка увійшла до складу експериментальної установки.

Експериментальну установку для перевірки лічильників газу зображено на рис. 2. Вона складається з турбінно-потоківого сенсора 1, який через втулку 3 з'єднаний з вимірювальними ділянками 2 діаметром  $d$  та довжиною  $5d$  і  $18d$  (за вказівками інструкції з експлуатації пристрою HFA-Ex). Вимірювальна ділянка під'єднується безпосередньо до газової мережі через гнучкі шланги між лічильником газу та газовим приладом. Для проведення досліджень було виготовлено вимірювальні ділянки діаметрами 18 мм і 40 мм.

Дослідження експериментальної установки було проведено в два етапи. На першому етапі випробування проводились з метою вивчення, визначення та перевіряння метрологічних характеристик приладу у метрологічній лабораторії ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”.

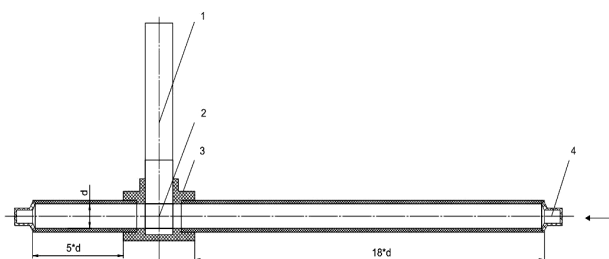


Рис. 2. Експериментальна установка для перевірки лічильників газу

Дослідження було проведено почергово шляхом під'єднання вимірювальної ділянки з сенсором до повірочної установки за допомогою перехідних штуцерів. Схему підключення вимірювальної ділянки зображено на рис. 3.

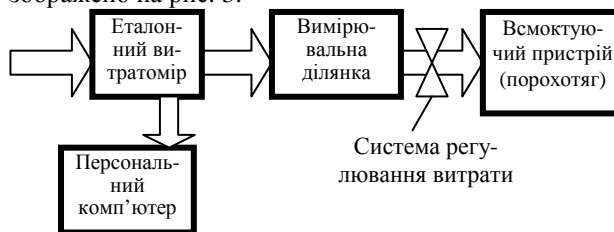


Рис. 3. Схема підключення вимірювальної ділянки в експериментальній установці

При проведенні випробувань на вимірювальній ділянці з внутрішнім діаметром 18 мм настроювання приладу „Hontzsch HFA-Ex” проводилось на початку досліджуваного діапазону витрат. На ділянці 40 мм настроювання проводилось в середині досліджуваного діапазону. В першому випадку витрату збільшували за допомогою системи регулювання витрати з меншого значення до більшого, а в другому – в зворотному напрямку.

Результати вимірювань, отримані на вимірювальних ділянках з внутрішніми діаметрами 18 мм та 40 мм, приведені в табл. 1.

На основі результатів табл. 1 отримано графічне зображення залежності витрати, обчисленої експериментальною установкою на базі приладу „Hontzsch HFA-Ex”, та отриманої за допомогою еталонного витратоміра, від швидкості потоку на вимірювальній ділянці 18 мм (рис. 4). На рис. 5 представлена аналогічна залежність для ділянки 40 мм.

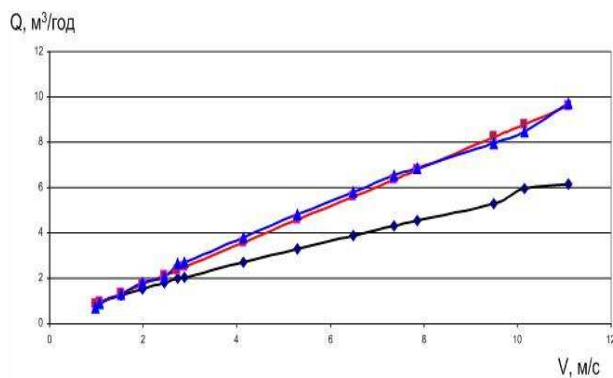
Виконаний аналіз отриманих даних виявив, що функція залежності дійсної витрати та витрати, що виміряна за допомогою експериментальної установки, містить залежність, яку можна в обох випадках описати рівнянням:

$$Q_R = Q_H \cdot a + b, \quad (1)$$

де  $Q_R$  - дійсне значення витрати;  $Q_H$  - значення витрати, виміряної приладом;  $a$ ,  $b$  - деякі сталі коефіцієнти.

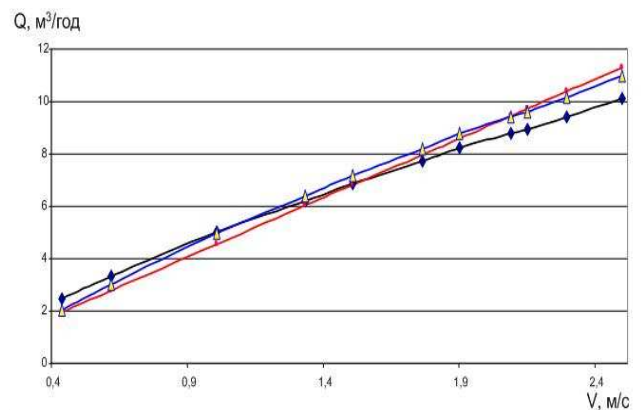
Таблиця 1 – Результати, отримані на вимірвальних ділянках

Діаметр вимірвальної ділянки, мм	№ з/п	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потоку, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потоку, м/с
		Прилад „Hontzsh HFA-Ex”		Еталонний витратомір	
18	1	0,888	0,97	0,85	0,98213383
	2	0,93	1,08	0,99	1,143897049
	3	1,245	1,35	1,32	1,525196066
	4	1,52	1,67	1,72	1,987376692
	5	1,8	1,83	2,12	2,449557318
	6	2	2,22	2,37	2,738420209
	7	2,033	2,24	2,5	2,888628912
	8	2,7	2,95	3,58	4,136516602
	9	3,3	3,59	4,58	5,291968167
	10	3,88	4,23	5,62	6,493637795
	11	4,32	4,71	6,37	7,360226469
	12	4,56	4,9	6,8	7,857070641
	13	5,313	5,6	8,22	9,497811864
	14	5,95	5,95	8,78	10,14486474
	15	6,17	6,75	9,6	11,09233502
40	1	2,488	0,55	1,98	0,43789809
	2	3,348	0,73	2,8	0,61924982
	3	5,022	1,1	4,56	1,00849257
	4	6,2	1,37	6,03	1,33359873
	5	6,877	1,52	6,82	1,50831564
	6	7,737	1,72	7,98	1,764862
	7	8,28	1,83	8,6	1,9019816
	8	8,596	1,92	9,45	2,08996815
	9	8,96	1,93	9,73	2,15189314
	10	9,4	2,1	10,38	2,29564756
	11	10,1	2,22	11,3	2,49911536



▲ – покази приладу „Hontzsch HFA-Ex” (перераховані значення витрати); ■ – еталонний витратомір; ◆ – прилад „Hontzsch HFA-Ex” (отримані значення)

Рис. 4. Графік залежності витрати від швидкості потоку для ділянки 18мм.



▲ - прилад „Hontzsch HFA-Ex” (перераховані значення витрати); ■ – еталонний витратомір; ◆ – прилад „Hontzsch HFA-Ex” (отримані значення)

Рис. 5. Графік залежності витрати від швидкості потоку для ділянки 40мм.

Перерахування отриманих (дійсних) значень витрати газу здійснено з урахуванням поправочних коефіцієнтів, які залежать від діаметру вимірювальної ділянки. З рис. 4 і рис. 5 видно, що графік, який побудований за перерахованими значеннями витрати практично збігається з графіком, що побудований за показами еталонного витратоміра.

Для перевірки отриманих результатів були проведені додаткові випробування у лабораторіях ДП „Івано-Франківськстандартметрологія” з меншим кроком зміни витрати. Дослідження здійснено на двох витратах 1,18 м<sup>3</sup>/год. та 6,1 м<sup>3</sup>/год. Результати досліджень представлено в табл. 2.

З метою визначення коефіцієнтів  $a$  та  $b$  функції (1), а також для перевірки попередніх результатів проведено повторні випробування експериментальної установки (другий етап).

Другий етап випробувань проведено на території ВАТ „Промприлад” (м.Івано-Франківськ) за допомогою Державного еталону об'єму та об'ємної витрати газу на вимірювальній ділянці діаметром 18 мм [11].

Результати вимірювань наведені в табл. 2 та графічно зображені на рис. 6 у вигляді залежності витрати, обчисленої приладом „Hontzsch HFA-Ex” та отриманої за допомогою Державного еталону об'єму та об'ємної витрати газу, від швидкості потоку газу.

Таблиця 3 – Результати досліджень на Державному еталоні об'єму та об'ємної витрати газу

№ з/п	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потоку, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год
	Еталон		Hontzsch HFA-Ex
1	0,5047	1,565	0,393
2	1,0228	2,58	1,099
3	1,4065	3,185	1,520
4	1,9342	3,94	2,046
5	3,2399	5,845	3,372
6	5,0166	8,43	5,170
7	6,2373	10,135	6,357
8	7,7887	12,26	7,836
9	10,533	16,135	10,532
10	11,5495	17,65	11,586
11	11,7217	17,9	11,7603
12	11,8215	18,01	11,837

За даними, наведеними в табл. 2, було встановлено вид та характер залежності показів еталонної установки від показів експериментальної установки на базі приладу „Hontzsch HFA-Ex”. Дана залежність описується рівнянням виду (1). Коефіцієнти  $a$  та  $b$  було знайдено методом

найменших квадратів та виявлено, що вони рівні за абсолютною величиною та протилежні за знаком.

Визначена функція має вигляд:

$$Q_R = 0,76Q_H - 0,76. \quad (2)$$

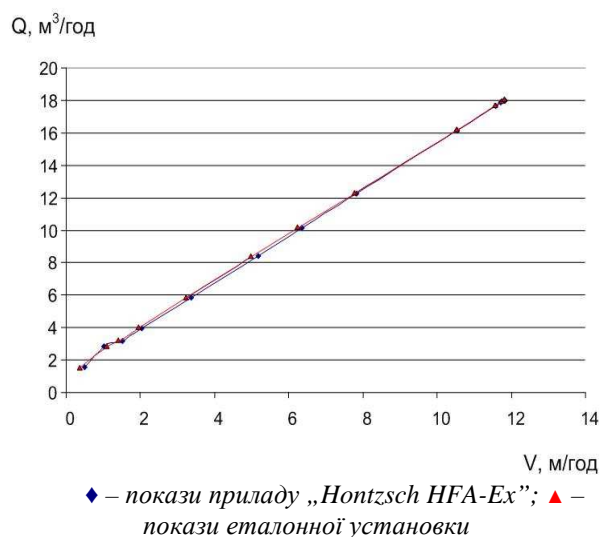


Рис. 6. Графік залежності перерахованої витрати від швидкості потоку

Абсолютна похибка вимірювань даного приладу є найбільшою на початку діапазону витрат і зменшується з збільшенням витрати. В діапазоні витрати від 0,5 до 11 м<sup>3</sup>/год при визначенні витрати за допомогою залежності (2) відносна похибка вимірювань не перевищує 1%, що дає змогу стверджувати про можливість використання запропонованого методу для експрес-перевірки лічильників газу без їх демонтажу. Похибка вимірювання витрати запропонованим методом може бути зменшена шляхом зменшення діаметру турбінки (підвищенням її чутливості).

1. Закон України „Про метрологію та метрологічну діяльність”. 2. ДСТУ 2708-2006. Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. – На заміну ДСТУ 2708-99; Надано чин. 01.07.2006. – К.:ДП „УкрНДНЦ”, 2006. – 78 с. 3. МВИ 03-01-2001. Методика виконання експрес-контролю витрат природного газу в трубопроводах діаметром 80 – 200 мм за допомогою осереднюючих напірних трубок. 4. Карпаш О.М., Петришин І.С., Криничний П.Я. Технічна діагностика побутових лічильників в умовах експлуатації // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. - 1997. - № 4. - С.41-44. 5. Пат. 71483 А Україна, МПК G01F13/00. Спосіб експрес-перевірки витратомірів та лічильників газу / Карпаш О.М., Карпаш М.О., Петришин І.С., Райтер П.М., Гончарук М.І. – Опубл. 15.11.04, Бюл. № 11.

6. Пат. 71492 А Україна, МПК G01F25/00. Пристрій оперативного експрес-контролю лічильників природного газу / Карнаш О.М., Карнаш М.О., Петришин І.С., Райтер П.М., Гончарук М.І. – Опубл. 15.11.04, Бюл. № 11. 7. Середюк О.Є., Чеховський С.А., Винничук А.Г. Техніко-метрологічні засади побудови діагностувальних установок для побутових лічильників газу // *Нафтова і газова промисловість*. – 2006. - №6. - С. 38-42. 8. Пістун Є.П. Стан і перспективи обліку та економії природного газу // *Матеріали 6<sup>ої</sup> Міжнародної науково-практичної конференції „Нафта і газ України – 2000”*: Збірник наукових праць. – Івано-Франківськ, 2000. – Т. 3. – С. 208-. 9. Vane Wheel Flow Sensors FA / Höntzsch GmbH // [www.hoentzsch.com](http://www.hoentzsch.com). 10. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. — Л.: Машиностроение, 1989. — 701 с. 11. Державний спеціальний еталон одиниць об'єму та об'ємної витрати газу / Бродин І.С., Петришин І.С., Бестелесний А.Г., Дикий П.І. // *Український метрологічний журнал*. - 1997. - №3. - С. 31-35.

