



Дослідження метрологічних характеристик побутових лічильників газу при вимірюванні об'ємної витрати газозводневих сумішей

Д.Т. Кепещук¹, О.А. Бас¹, Т.В. Кепещук¹, Д.О. Середюк¹, Ю.Т. Пелікан¹, В.Б. Шевчук²

¹ ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ», вул. Вовчинецька, 127, 76007, Івано-Франківськ, Україна
alexandr.sanya@gmail.com

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,
76019, Івано-Франківськ, Україна

Анотація

Наведено результати досліджень впливу чистого газоподібного водню та газозводневих сумішей на працездатність і метрологічні характеристики лічильників газу мембранного типу, які застосовуються в побутовому секторі. Для проведення досліджень попередньо було відібрано лічильники мембранного типу провідних вітчизняних та європейських виробників. Для лічильників проведено серію статичних та динамічних випробувань. Статичні випробування передбачали перевірку герметичності лічильників під дією газоподібних сумішей. Динамічні випробування передбачали проведення вимірювань на імітаційному полігоні з робочим середовищем – чистий водень та суміші водню з метаном. Розроблено структурну схему вимірювальної системи. Вимірювання проводилися шляхом порівняння об'єму газу, який пройшов через дослідний лічильник з об'ємом, вимірним еталонним лічильником. Як еталонний засіб у зібраній вимірювальній системі використовувався лічильник газу барабанного типу з попередньо визначеною в лабораторних умовах градувальною характеристикою з робочим середовищем – повітря. Після проведення експериментальних досліджень із робочим середовищем – водень та газозводневі суміші в умовах полігону для еталонного лічильника проводилося повторне визначення метрологічних характеристик у лабораторних умовах. Для проведення експериментів із максимально можливою точністю та виключення впливу додаткових похибок на результат вимірювання, для автоматизації вимірювання було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення. Наведено результати проведених експериментів для декількох лічильників у вигляді табличних значень та графіків. Зроблено загальні висновки стосовно впливу водню та газозводневих сумішей на зміну метрологічних характеристик побутових лічильників газу.

Ключові слова: водень; газозводневі суміші; метрологічні характеристики; лічильник газу; еталон; вимірювання; об'єм; об'ємна витрата; похибка; невизначеність.

Отримано: 05.11.2024

Відредаговано: 27.11.2024

Схвалено до друку: 04.12.2024

Вступ

У рамках співробітництва України із Європейською Комісією, яка анонсувала “European Green Deal” (Європейський Зелений Курс) як дорожню карту заходів, які сприятимуть перетворенню економіки Євросоюзу на ефективну, стійку та конкурентоспроможну економіку, визначають засоби трансформації Європи на першій у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року. Міністерство енергетики та захисту довкілля України розробило проєкт Концепції “зеленого” енергетичного переходу України, яку назвали “Ukrainian Green Deal” [1].

Українська концепція передбачає досягнення основної мети – зменшення обсягу викидів парникових газів для забезпечення переходу до кліматич-

но нейтральної економіки України до 2070 року. Одним із ключових напрямів є поступова декарбонізація енергетичного сектора через зменшення використання природного газу та заміну його відновлюваними джерелами енергії, такими як сонце, вітер і водень. Зокрема, планується збільшити частку синтетичного “зеленого метану” та біометану в системі трубопровідного транспорту газу до споживачів. Важливим елементом стратегії є також розвиток проєктів водневої енергетики в рамках підготовки до програми “H2Ready”, що передбачає комплексний підхід до можливості транспортування в газових мережах сумішей природного газу з воднем із вмістом водню до 20%.

Застосування лічильників різних типів для можливості обліку водню та газоводневих сумішей

Застосування	Газ	Мембранний	Роторний	Турбінний	Ультразвуковий	Термоанемометричний	Коріолісовий	Звужуючий пристрій
Побутова сфера	Водень	Потенційно придатний	Непридатний	Непридатний	Придатний	Придатний	Непридатний	Непридатний

В Україні реалізується пілотний водневий проект, який передбачає два етапи: перший – виробництво чистого водню; другий – його транспортування трубопроводами. При цьому досліджуються два напрями транспортування: подання в трубопровід чистого водню та змішування водню з природним газом у пропорції 20% водню і 80% природного газу з подальшою доставкою до кінцевого споживача [2].

Використання водню наразі пов'язане з цілою низкою невирішених проблем, зокрема, не у всіх випадках та не завжди ця технологія є ефективною, і вплив газоводневих сумішей на довкілля залежить від методу та способу отримання водню. Також актуальними є дослідження, направлені на визначення впливу водню та газоводневих сумішей на функціонування газотранспортної системи; працездатність і метрологічні характеристики лічильників [3] та безпечної їх експлуатації при обліку газоводневих сумішей.

У [4] розглянуто можливість здійснення вимірювання об'ємної витрати газоводневих сумішей із застосуванням лічильників різних типів. У табл. 1 наведено діаграму застосування лічильників.

Із табл. 1 можна зробити висновок, що застосування лічильників мембранного типу для обліку газоводневих сумішей потребує досліджень з метою встановлення придатності вищезазначеного типу лічильників.

Метою статті є практична реалізація процедури проведення та інтерпретація отриманих результатів досліджень щодо впливу чистого водню і суміші водню з природним газом (метаном) на працездатність і метрологічні характеристики лічильників газу мембранного типу, що застосовуються у побутовому секторі.

Основний матеріал

У ДП “ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТ-МЕТРОЛОГІЯ”, як науковому метрологічному центрі, здійснюється науково-дослідна робота за цим напрямом. У рамках водневого проекту проводяться дослідження щодо впливу чистого водню та газоводневих сумішей на функціонування та метрологічні характеристики мембранних газових лічильників, які використовуються в побутовому секторі.

Проаналізуємо основні характеристики водню та способи його практичного застосування.

Хоча водень у чистому вигляді в природі зустрічається рідко, цей елемент є найбільш поширеним серед хімічних елементів і входить до складу багатьох органічних сполук. Щоб отримати водень у чистій формі для використання як палива, необхідно визначити найбільш ефективні методи його вилучення із хімічних сполук. Найбільш економічно вигідним способом є вилучення водню з природного газу (метану) методами парового риформінгу метану або піролізу. Також водень можна отримати за допомогою електролізу води, однак цей процес вимагає значної кількості водних ресурсів і електроенергії, а також застосування різного типу електролізерів, що робить його більш доцільним як додаткове джерело енергії, здатне до накопичення і транспортування [5].

Слід зазначити, що ініціативний український водневий проект “H2U Hydrogen Valley” [6] внесли до міжнародної системи водневих долин Mission Innovation Hydrogen Valley [7], яка об'єднує на сьогодні понад 36 найбільш розвинених країн світу і 96 водневих долин. Під водневими долинами в Євросоюзі розуміють ініціативи локальних підприємств у галузі чистого водню. Український проект передбачає будівництво двох заводів. Перший завод планують будувати біля міста Рені Одеської області з перспективою транспортування виробленого шляхом електролізу водню по ріці Дунай до країн Європи. Другий завод планується реалізувати на Закарпатті біля кордону зі Словаччиною. В перспективі передбачається транспортування виробленого водню із застосуванням трубопровідної системи України.

Основні властивості водню [8]:

- не має запаху;
- найлегший і найбільш пожежонебезпечний серед газів;
- безбарвний;
- низька розчинність у рідинах;
- має високу енергетичну щільність (теплотворну здатність) на одиницю маси, проте низьку на одиницю об'єму, що вимагає застосування спеціальних технологій для його зберігання та транспортування.

Під час науково-дослідної роботи теоретичні та експериментальні дослідження проводилися для оцінки впливу водню різної концентрації на

функціонування та метрологічні характеристики мембранних лічильників газу провідних вітчизняних та іноземних виробників.

Згідно з розробленою методикою [9] проводилися статичні та динамічні випробування.

При статичних випробуваннях здійснювалася перевірка герметичності корпусу лічильників та виявлення впливу газоводневої суміші на матеріал, із якого виготовлені елементи лічильників. Цей етап експериментів проводився при безпосередньому контакті суміші водню з матеріалами деталей, із яких виготовлено лічильники і які конструктивно взаємодіють з ним під час здійснення обліку (вимірювальні мембрани, шибєрний механізм тощо).

Дослідження в рамках динамічних випробувань із визначенням метрологічних характеристик виконувалися із застосуванням набору еталонних лічильників, для яких попередньо проведено калібрування із застосуванням національного первинного та вторинного еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу.

Проведення експериментів для лічильників здійснювалось із застосуванням трьох типів робочого середовища:

- газоподібного водню чистотою вище за 99%;
- суміші метану та водню у пропорції 80/20%;
- суміші метану та водню у пропорції 90/10%.

За результатами багаторазових спостережень при різних концентраціях водню було розраховано похибки лічильників.

Розглянемо процедури проведення досліджень і отримані результати перевірки герметичності та метрологічних характеристик мембранних лічильників газу, які найширше використовуються в побуті. Результати досліджень будуть наведені для вибірки з п'яти лічильників одного з іноземних та вітчизняних виробників.

Дослідження герметичності лічильників

Дослідження було проведено в кілька етапів:

- на першому етапі перевірка герметичності мембранних лічильників проводилася під надлишковим тиском 75 кПа (1,25 P_{max}); згідно з ДСТУ EN 1359 [10], максимальний робочий тиск P_{max} становить 50 кПа;

- наступним етапом лічильники перевірялися в статичному режимі за умов низького надлишкового тиску, характерного для газопроводів низького тиску;

- після цих етапів кожен лічильник індивідуально перевірявся на герметичність у лабораторних умовах;

- на заключному етапі оцінювався вплив водню і газоводневих сумішей на матеріали, з яких виготовлені лічильники, під час їх експлуатації.

Для цього лічильники було змонтовано в загальну схему випробування. На рис. 1 наведено загальну схему під'єднання лічильників газу мембранного типу при перевірці на герметичність. Для кількісної оцінки витоків було застосовано течеукач testo 316-EX.

Згідно з розробленою методикою, кожні 24 години проводилося вимірювання значення надлишкового тиску. На рис. 2 наведено графік змін надлишкового тиску у випробувальній лінії: сині стовпці відображають результати падіння через 24 години після нагнітання, червоні – після щоденного додаткового нагнітання водню. Значення падіння тиску визначалося шляхом порівняння цих значень. За різницею значень цих показів між червоними і синіми стовпцями визначається падіння тиску протягом 24 годин.

Визначення метрологічних характеристик

Первинні дослідження метрологічних характеристик лічильників виконувалися із зас-



Рис. 1. Вигляд системи монтажу лічильників газу мембранного типу при перевірці на герметичність

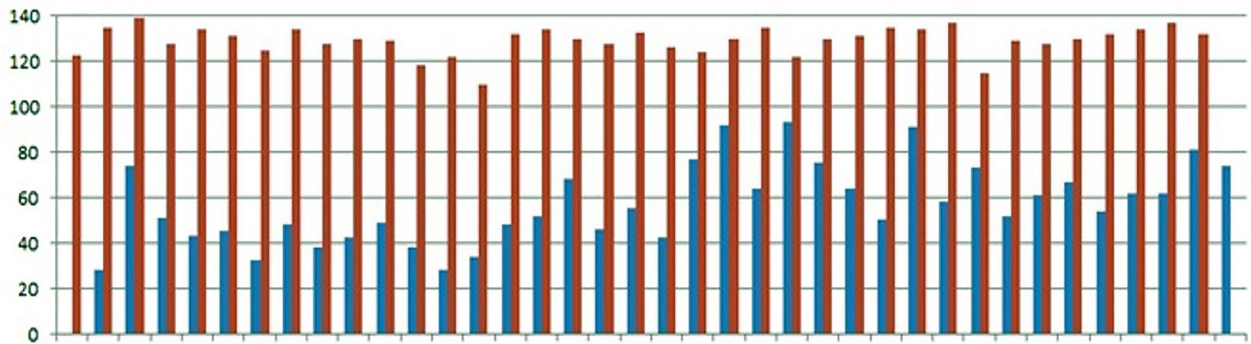


Рис. 2. Графічне зображення значень надлишкового тиску у випробувальній лінії через кожні 24 години

тосуванням повітря як робочого середовища відповідно до методики повірки [11]. Проте для кожного лічильника проводилась серія трьох повторних вимірювань із такими значеннями об'ємної витрати: Q_{max} , $0,7Q_{max}$, $0,5Q_{max}$, $0,25Q_{max}$, $0,1Q_{max}$, Q_{min} . Як набір еталонів використовувались лічильник барабанного типу EP та лічильник роторного типу Delta S-Flow.

Зазначимо деякі особливості проведення досліджень із застосуванням еталонного барабанного лічильника EP, які полягали в такому:

- після монтажу досліджуваного лічильника проводився контроль рівня мастила у гідрозатворі барабанного лічильника;
- для перевірки рівня бульбашки вхідні та вихідні вентиля повинні бути у відкритому положенні;
- за необхідності регулювання рівня мастила проводилося його коригування за допомогою спеціального регулятора;
- після налаштування рівня мастила задавалося значення необхідної об'ємної витрати й результати вносилися до протоколу після завершення вимірювання. Після закінчення серії вимірювань дослідний лічильник демонтувався.

Для проведення експериментів із максимально можливою точністю та виключення впливу додаткових похибок на результат вимірювання, а також для автоматизації вимірювання фахівцями ДП «ІВАНОФРАНКІВСЬК-СТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» було розроблено та апробовано спеціалізоване програмне забезпечення для вимірювання об'єму газу, що проходить через еталонний лічильник, а також для вимірювання тиску і температури робочого середовища та фіксації необхідного значення об'ємної витрати газу. Розроблене програмне забезпечення застосовувалося при послідовному проведенні всіх зазначених експериментальних досліджень із використанням повітря як робочого середовища (початкові та завершальні дослідження) та газових сумішей (водню та газодневних сумішей різних пропорцій). Це програмне забезпечення застосовувалося під час усіх експериментальних досліджень, послідовно проведених із

використанням повітря (на початкових і завершальних етапах) та газових сумішей (водню та газодневних сумішей різних пропорцій). За його допомогою встановлювалося потрібне значення об'ємної витрати газу, здійснювався підрахунок імпульсів високочастотного давача еталонного лічильника, визначався часовий інтервал вимірювання для проходження контрольного об'єму та проводився розрахунок до стандартних умов з урахуванням вимірних значень тиску і температури. У результаті формувався протокол проведених вимірювань. На рис. 3 наведено фрагмент вікна програмного забезпечення на етапі проведення вимірювань.

Відносну похибку δ i -го лічильника з урахуванням втрат тиску та різниці температури на вході лічильника та на вході еталона обчислюють за формулою:

$$\delta_i = \left[\frac{V_i}{V_0} \cdot \frac{P_i}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_i} - 1 \right] \cdot 100, \quad (1)$$

де: V – об'єм газу, виміряний лічильником, м³;
 V_0 – об'єм газу, виміряний еталоном, м³;
 T – температура газу в лічильнику, К;
 T_0 – температура газу в еталоні, К;
 P – абсолютний тиск газу в лічильнику, що досліджується, Па;

P_0 – абсолютний тиск газу в еталоні, Па.

Отримані результати при дослідженні метрологічних характеристик мембранних лічильників газу на повітрі наведено у табл. 2.

Дослідження впливу водню і газодневних сумішей на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу

Для оцінки впливу водню та його сумішей на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу використовувався еталонний барабанний лічильник (рис. 4) із попередньо визначеною в лабораторних умовах градуувальною характеристикою з робочим середовищем – повітря.

Еталонний лічильник було встановлено після дослідного лічильника, з метою уникнення



Рис. 3. Фрагмент робочого вікна розробленого програмного забезпечення

Таблиця 2

Зведені результати метрологічних характеристик декількох мембранних лічильників газу

Тип	Типорозмір	Похибка, %					
		Q _{max}	0,7Q _{max}	0,5Q _{max}	0,25Q _{max}	0,1Q _{max}	Q _{min}
Самгаз	G4	1,61	2,38	2,93	3,38	3,88	2,53
Metrix	G4	-2,71	-1,83	-1,39	-0,33	0,96	-0,92
Самгаз	G4	-0,67	0,33	1,10	1,90	2,24	-0,47
Metrix	G4	-1,57	-0,69	0,10	0,88	1,72	0,67
Metrix	G4	-0,54	0,12	0,93	1,13	1,44	1,66

впливу ефекту випаровування та насичення водню і сумішей метану з воднем запірною рідиною, а також впливу на покази дослідних лічильників. Рівень мастила контролювався за аналогічною процедурою, описаною вище, при проведенні досліджень із робочим середовищем – повітря. Після проведення експериментальних досліджень із робочим середовищем – водень та газводневі суміші в умовах полігону, для еталонного лічильника проводилося повторне визначення метрологічних характеристик у лабораторних умовах із робочим середовищем – повітря. На рис.5 наведено результати визначення метрологічних характеристик еталонного лічильника барабанного типу перед проведенням експериментів в умовах полігону та після проведення експериментів. Отримані результати (рис. 5) підтверджують відсутність зміни метрологічних характеристик для еталонного лічильника. Для кожного значення об'ємної витрати усереднених значень отриманої характеристики розраховані значення невизначеності, які не перевищують 0,2% (на рис.5 наведені у вигляді вертикальних відхилів).

Тобто вплив еталонного лічильника під час проведення досліджень нехтовно малий.

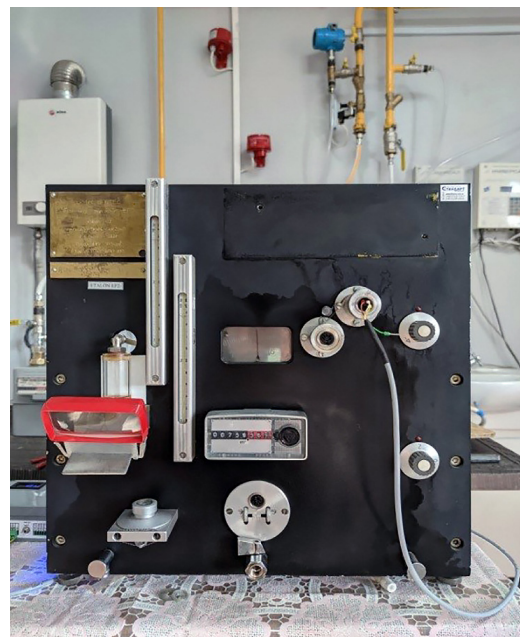


Рис. 4. Еталонний лічильник барабанного типу

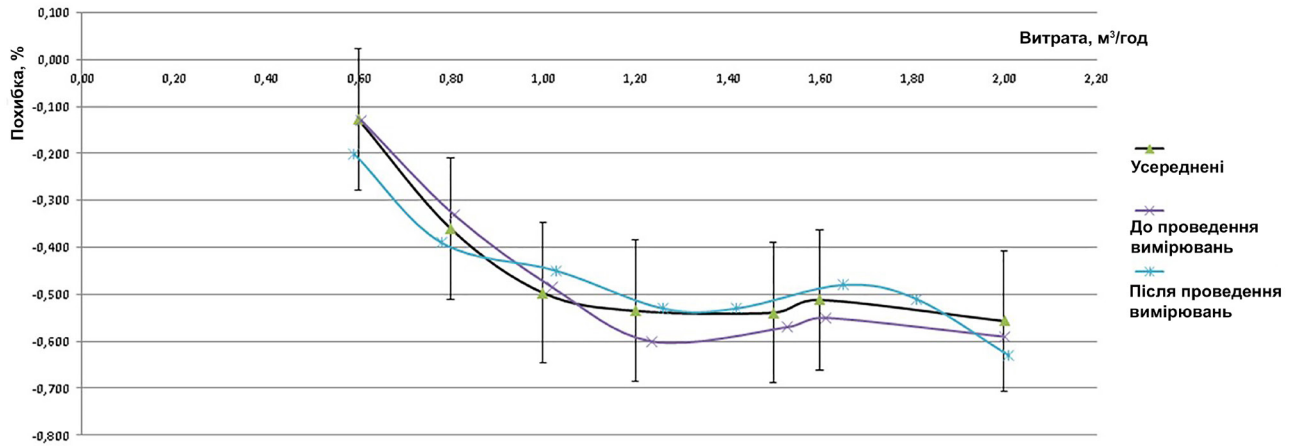


Рис. 5. Характеристики еталонного лічильника барабанного типу, отримані на повітрі до та після проведення досліджень із застосуванням водню та сумішей із метаном

Далі для забезпечення репрезентативності результатів та згідно з вимогами Правил безпеки систем газопостачання [12] відбувалася процедура продування інертним газом (азотом): запускалося програмне забезпечення вимірювань, відкривався кран подання азоту і контролювалося значення об'ємної витрати газу. Після досягнення необхідного значення кратного об'єму кран закривався. Процедура заповнення системи воднем передбачала такі дії:

- відкривався кран подання газоподібного водню, який містився в балоні;
- запускалася обчислювальна програма для вимірювань і контролювалася об'ємна витрата газу;
- після заповнення системи воднем проводилася перевірка герметичності за допомогою газового аналізатора. Якщо герметичність було забезпечено, проводилася серія повторних вимірювань;
- після завершення вимірювань система повторно продувалася азотом і лічильник демонтувався.

Вимірювальну систему обладнано засобами вимірювання тиску й температури вимірюваль-

ного середовища для приведення результатів експериментів до стандартних умов. Структурну схему вимірювальної системи з додатковими елементами показано на рис. 6.

Загальний вигляд стенду, на якому проводилися дослідження, наведено на рис. 7.

Значення об'ємної витрати, за яких проводилися дослідження, становили $0,25Q_{max}$ та $0,1Q_{max}$. Для об'ємної витрати $0,25Q_{max}$ об'єм чистого водню та сумішей, які пропускалися через лічильник, становив $0,1 \text{ м}^3$, а для об'ємної витрати $0,1Q_{max}$ об'єм чистого водню та сумішей становив $0,05 \text{ м}^3$. Під час проведення досліджень впливу водню та газоводневих сумішей на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу було отримано результати, наведені у табл. 3–5.

Визначення метрологічних характеристик лічильників газу після проведення досліджень на газоводневих сумішах

Після проведення досліджень лічильників на газоводневих сумішах аналогічно за вищевказаною методикою були проведені дослідження

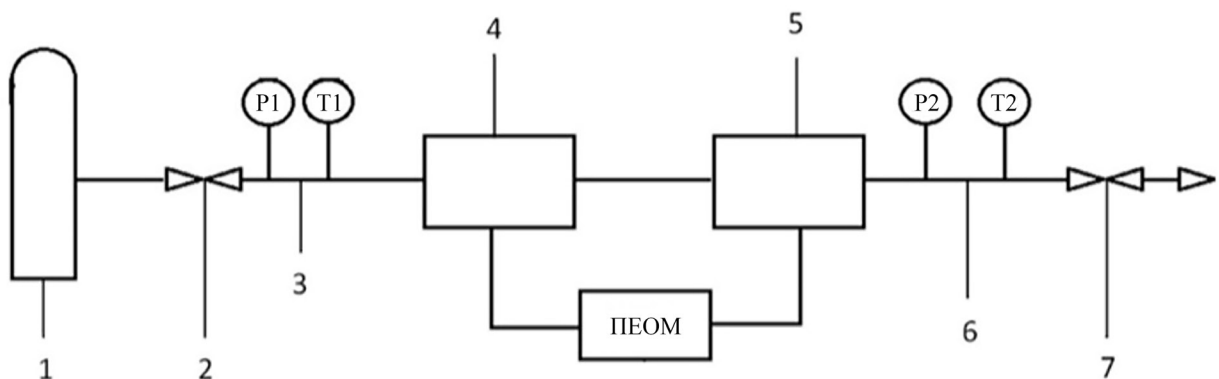


Рис. 6. Структурна схема вимірювальної системи для визначення метрологічних характеристик побутових лічильників під впливом водню та газоводневих сумішей: 1 – ємність із воднем та газоводневими сумішами; 2, 7 – вхідний та вихідний вентиля; 3, 6 – вхідний та вихідний трубопроводи, обладнані давачами тиску та температури робочого газового середовища; 4 – дослідний лічильник; 5 – еталонний лічильник



Рис. 7. Загальний вигляд зібраного стенду для проведення досліджень в умовах імітаційного полігону газоспоживаючого обладнання

Таблиця 3

Результати досліджень впливу водню 99% на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу

Тип	Типорозмір	Похибка, %	
		0,25Q _{max}	0,1Q _{max}
Самгаз	G4	2,30	3,01
Metrix	G4	-0,22	-0,19
Самгаз	G4	0,54	0,38
Metrix	G4	-1,10	-0,94
Metrix	G4	0,68	1,28

Таблиця 4

Результати досліджень впливу газоводневих сумішей на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу (водень 10% + метан 90%)

Тип	Типорозмір	Похибка, %	
		0,25Q _{max}	0,1Q _{max}
Самгаз	G4	2,40	2,48
Metrix	G4	-1,21	-0,67
Самгаз	G4	-0,61	-0,24
Metrix	G4	-0,38	-0,49
Metrix	G4	1,10	1,14

Таблиця 5

Результати досліджень впливу газоводневих сумішей на метрологічні характеристики мембранних лічильників газу (водень 20% + метан 80%)

Тип	Типорозмір	Похибка, %	
		0,25Q _{max}	0,1Q _{max}
Самгаз	G4	2,89	3,31
Metrix	G4	-0,50	-0,30
Самгаз	G4	1,12	1,30
Metrix	G4	0,75	1,27
Metrix	G4	0,94	1,17

метрологічних характеристик цих самих мембранних лічильників при застосуванні повітря як робочого середовища.

За результатами проведених досліджень лічильників газу на повітрі були отримані результати, наведені у табл. 6.

У табл. 7 наведені результати розрахунків різниці похибок лічильників, отриманих при первинних дослідженнях та на завершальному етапі досліджень після проведення серії динамічних експериментів.

З метою проведення репрезентативного аналізу для кожного лічильника побудовано графік

Таблиця 6

Результати метрологічних характеристик мембранних лічильників газу

Тип	Типорозмір	Похибка, %					
		Q _{max}	0,7Q _{max}	0,5Q _{max}	0,25Q _{max}	0,1Q _{max}	Q _{min}
Самгаз	G4	1,96	2,59	2,97	3,83	3,53	1,79
Metrix	G4	-1,64	-1,26	-1,06	0,51	0,25	-1,16
Самгаз	G4	-0,50	0,24	0,98	2,09	1,76	-1,19
Metrix	G4	-1,45	-0,57	-0,02	1,50	1,43	-0,33
Metrix	G4	-0,95	0,19	0,88	2,02	1,71	0,46

Таблиця 7

Порівняння отриманих значень похибок мембранних лічильників газу до та після експериментів на водні та газоводневих сумішей

№	Тип	Витрата	Результати					
			Q _{max}	0,7Q _{max}	0,5Q _{max}	0,25Q _{max}	0,1Q _{max}	Q _{min}
1	Самгаз G4	Похибка результатів до випробувань, %	1,61	2,38	2,93	3,38	3,88	2,53
		Похибка результатів після випробувань, %	1,96	2,59	2,97	3,83	3,53	1,79
		Відхилення результату	-0,35	-0,21	-0,04	-0,45	0,35	0,74
2	Metrix G4	Похибка результатів до випробувань, %	-2,71	-1,83	-1,39	-0,33	0,96	-0,92
		Похибка результатів після випробувань, %	-1,64	-1,26	-1,06	0,51	0,25	-1,16
		Відхилення результату	-1,07	-0,57	-0,33	-0,84	0,71	0,24
3	Самгаз G4	Похибка результатів до випробувань, %	-0,67	0,33	1,1	1,9	2,24	-0,47
		Похибка результатів після випробувань, %	-0,5	0,24	0,98	2,09	1,76	-1,19
		Відхилення результату	-0,17	0,09	0,12	-0,19	0,48	0,72
4	Metrix G4	Похибка результатів до випробувань, %	-1,57	-0,69	0,1	0,88	1,72	0,67
		Похибка результатів після випробувань, %	-1,45	-0,57	-0,02	1,5	1,43	-0,33
		Відхилення результату	-0,12	-0,12	0,12	-0,62	0,29	1,0
5	Metrix G4	Похибка результатів до випробувань, %	-0,54	0,12	0,93	1,13	1,44	1,66
		Похибка результатів після випробувань, %	-0,95	0,19	0,88	2,02	1,71	0,46
		Відхилення результату	0,41	-0,07	0,05	-0,89	-0,27	1,2

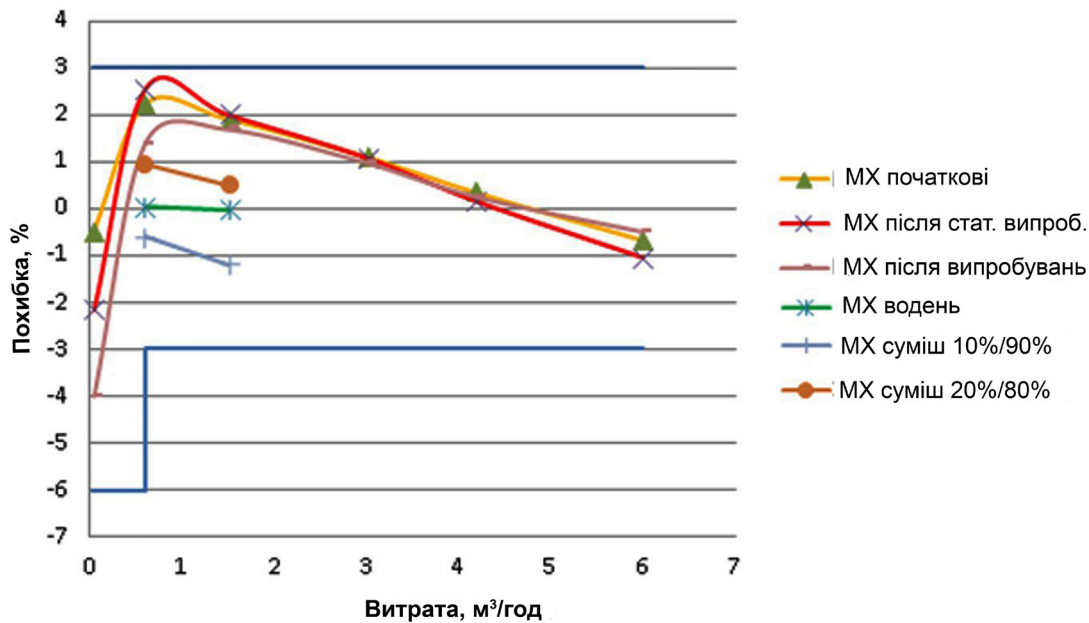


Рис. 8. Зведені результати досліджень метрологічних характеристик (МХ) лічильника газу після серії проведених статичних та динамічних експериментів

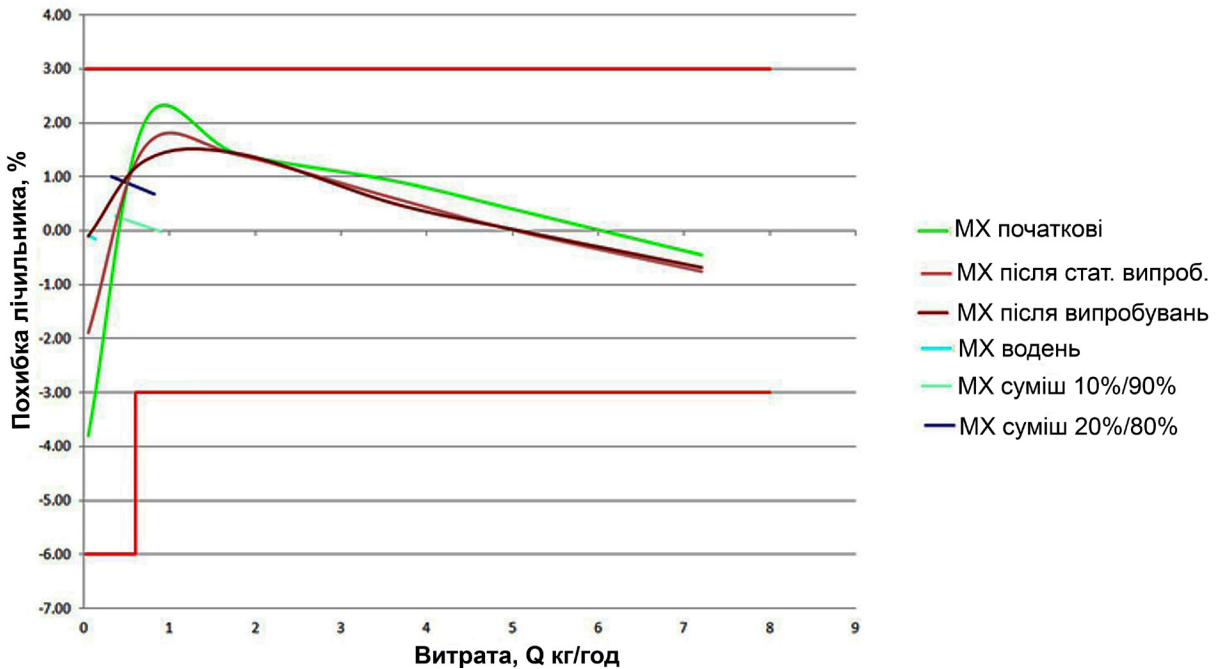


Рис. 9. Результати досліджень метрологічних характеристик (МХ) лічильника газу в одиницях масової витрати газу

зведених метрологічних характеристик, на якому зображено набір із шести залежностей значення похибки від значення об'ємної витрати газу. Для прикладу, на рис. 8 наведено набір залежностей для одного із лічильників, які проходили дослідження.

Враховуючи густину водню, нижче наведені графіки (рис. 9) отриманих метрологічних характеристик в одиницях масової витрати (кг/год), розраховані через значення густини чистого водню та газоводневих сумішей, на яких проводилися дослідження. З графіка очевидним є той момент, що чистий газоподібний водень знаходиться

на нижній межі працездатності лічильника. А характеристики, отримані при вимірюванні суміші водню з метаном, перетинаються з характеристиками, отриманими на повітрі.

Висновки

1. За результатами проведених досліджень на герметичність лічильників при заповненні газоводневою сумішшю виявлено, що лічильники мембранного типу не повністю витримують герметичність, оскільки під час проведення досліджень спостерігалось щодобове падіння надлишкового тиску газоводневої суміші.

2. За результатами порівняльного репрезентативного аналізу набору послідовно визначених метрологічних характеристик дослідних лічильників після проведеного комплексу досліджень можна зробити висновки, що загальної тенденції щодо суттєвої зміни метрологічних характеристик у частині надання переваги будь-якій зі сторін (споживачу чи постачальнику природного газу) при обліку газу (сумішей) не виявлено. Тобто після проведення досліджень із застосуванням чистого водню та сумішей критичної зміни метрологічних характеристик

не виявлено. Незначне відхилення в межах до 1% можна пояснити конструкцією лічильників, пов'язаною з невідтворюваністю результатів вимірювань. Із набору характеристик, отриманих при вимірюванні чистого водню та сумішей водню із метаном, значення знаходяться нижче від характеристик, отриманих при дослідженні на повітрі. Причому суттєвої відмінності між характеристиками, отриманими на чистому водні, суміші метану та водню в пропорції 80/20% та суміші метану та водню 90/10% не виявлено.

Study of metrological characteristics of household gas meters when measuring the volume flow rate of gas-hydrogen mixtures

D. Kepeshchuk¹, O. Bas¹, T. Kepeshchuk¹, D. Serediuk¹, Yu. Pelikan¹, V. Shevchuk²

¹ SE "IVANO-FRANKIVSKSTANDARDMETROLOGY", Vovchynetska Str., 127, 76007, Ivano-Frankivsk, Ukraine
alexandr.sanya@gmail.com

² Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Str., 15, 76019, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Abstract

The paper presents the results of studies of the influence of pure gaseous hydrogen and gas-hydrogen mixtures and the performance and metrological characteristics of membrane-type gas meters used in the household sector. For the study, membrane-type meters of leading domestic and European manufacturers were pre-selected. A series of static and dynamic tests were conducted for the meters. The static tests involved checking the air-tightness of the meters under the influence of gaseous mixtures. The dynamic tests involved measurements on a simulated test site with a work medium of pure hydrogen as well as hydrogen-methane mixtures. The proportions of the mixtures used were: 80% of methane and 20% of hydrogen, and 90% of methane and 10% of hydrogen respectively. A structural diagram of the measuring system was developed. The measurements were performed by comparing the volume of the gas that passed through the experimental meter with the volume measured by the reference meter. The measuring system was equipped with a means for measuring the pressure and temperature of the measuring medium to bring the results of the experiments to standard conditions. As a reference means in the assembled measuring system, a drum-type gas meter with a calibration characteristic pre-determined under laboratory conditions with a work air medium was used. After the experimental studies with the work hydrogen medium and hydrogen gas mixtures under the conditions of the test site, the metrological characteristics were re-determined under laboratory conditions for the reference meter. To conduct the experiments with the maximum possible accuracy and to exclude the influence of additional errors on the measurement result, a specialized software was developed to automate the measurements of the volume of the gas passing through the reference meter, measuring the pressure and temperature of the work medium and fixing the required value of the gas volume flow rate. The results of the experiments for several meters are presented in the form of tabular values and graphs. General conclusions were made regarding the influence of hydrogen and gas-hydrogen mixtures on the change in metrological characteristics of household gas meters.

Keywords: hydrogen; gas-hydrogen mixtures; metrological characteristics; gas meter; measurement standard; measurement; volume; volume flow rate; error; measurement uncertainty.

Список літератури

1. “Ukrainian Green Deal”. Берлінський центр матеріалів та енергії імені Гельмгольца. Берлін, Німеччина. URL: <https://greendealukraina.org/uk/> (дата звернення: 18.11.2024).
2. Середюк Д., Пелікан Ю., Бас О., Мануляк Р., Шевчук В. Визначення впливу водню та газоводневих сумішей на метрологічні характеристики побутових лічильників газу. *Нафтогазова галузь України*. 2022. № 1. С. 16–21.
3. Petryshyn I., Serediuk D., Pelikan Yu., Bas O., Manulyak R. Procedure of hydrogen and mixture impact assessment on the changes of mechanical parameters and errors of household gas meters. *Ukrainian Metrological Journal*, 2021, no. 2, pp. 40–44. doi: 10.24027/2306-7039.2.2021.236083
4. Flow measurement requirements for low carbon fuels (hydrogen). Final report. PA Consulting Group, 2020. 37 p.
5. Hydrogen. Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry. Wiley-Interscience, 2005. 1856 p.
6. H2U Hydrogen Valley. URL: <https://h2u.ua/ua/proekty/#hydrogen> (дата звернення: 18.11.2024).
7. Mission Innovation Hydrogen Valley. URL: <https://h2v.eu/hydrogen-valleys/h2u-hydrogen-valley-reni> (дата звернення: 18.11.2024).
8. Züttel A., Borgschulte A., Schlapbach L. (Eds). Hydrogen as a Future Energy Carrier. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.
9. РМУ 001 РД/М-2021. Рекомендація. Метрологія. Лічильники газу. Методика визначення впливу чистого водню та сумішей на працездатність та метрологічні характеристики лічильників газу, які застосовуються у побутовому секторі. Івано-Франківськ, 2021. 14 с.
10. ДСТУ EN 1359:2020. Лічильники газу. Лічильники газу мембранні (EN 1359:2017, IDT). Київ, 2020. 60 с.
11. ДСТУ 9035:2020. Метрологія. Лічильники газу для побутових потреб та комерційного обліку. Методика повірки. Київ, 2020. 16 с.
12. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання, затверджені Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 15.05.2015 № 285.

References

1. “Ukrainian Green Deal”. Berlin Helmholtz Center for Materials and Energy. Berlin, Germany. Available at: <https://greendealukraina.org/uk/> (accessed 18.11.2024).
2. Serediuk D., Pelikan Yu., Bas O., Manulyak R., Shevchuk V. Vyznachennia vplyvu vodniu ta hazovodnevykh sumishei na metrolohichni kharakterystyky pobutovykh lichylnykyv hazu [Determination of hydrogen impact of and gas-hydrogen mixtures on the metrological characteristics of household gas meters]. *Oil and Gas Industry of Ukraine*, 2022, no. 1, pp. 16–21 (in Ukrainian).
3. Petryshyn I., Serediuk D., Pelikan Yu., Bas O., Manulyak R. Procedure of hydrogen and mixture impact assessment on the changes of mechanical parameters and errors of household gas meters. *Ukrainian Metrological Journal*, 2021, no. 2, pp. 40–44. doi: 10.24027/2306-7039.2.2021.236083
4. Flow measurement requirements for low carbon fuels (hydrogen). Final report. PA Consulting Group, 2020. 37 p.
5. Hydrogen. Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry. Wiley-Interscience, 2005. 1856 p.
6. H2U Hydrogen Valley. Available at: <https://h2u.ua/ua/proekty/#hydrogen> (accessed 18.11.2024).
7. Mission Innovation Hydrogen Valley. Available at: <https://h2v.eu/hydrogen-valleys/h2u-hydrogen-valley-reni> (accessed 18.11.2024).
8. Züttel A., Borgschulte A., Schlapbach L. (Eds). Hydrogen as a Future Energy Carrier. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.
9. RMU 001 RD/M-2021. Recommendation. Metrology. Gas Meters. Methodology for determining the impact of pure hydrogen and mixtures on the performance and metrological characteristics of gas meters used in the household sector. Ivano-Frankivsk, 2021. 14 p. (in Ukrainian).
10. DSTU EN 1359:2020. Gas meters. Membrane gas meters (EN 1359:2017, IDT). Kyiv, 2020. 60 p. (in Ukrainian).
11. DSTU 9035:2020. Metrology. Gas meters for domestic needs and commercial metering. Verification methodology. Kyiv, 2020. 16 p. (in Ukrainian).
12. NPAOP 0.00-1.76-15. Safety rules for gas supply systems, approved by Order of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine dated 15.05.2015 No. 285 (in Ukrainian).