

## МОБІЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ БЕЗДЕМОНТАЖНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

О.Є.Середюк, А.Г.Винничук

<sup>1</sup> ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15., тел. (03422) 44264  
feivt@nung.edu.ua

*Проанализированы технические и метрологические характеристики известных отечественных расходоизмерительных установок для метрологического исследования бытовых счетчиков газа. Установлено, что все известные установки являются стационарными и обуславливают необходимость демонтажа счетчиков при диагностировании и поверке, а в качестве рабочей среды при этом используется воздух. Сформулированы технико-метрологические принципы построения мобильных установок для бездемонтажного диагностирования бытовых счетчиков с использованием природного газа. Разработаны математическая модель, функциональная схема и метрологическая модель мобильной установки. Рассмотрены особенности практической реализации диагностирующей установки, алгоритм работы которой защищен Декларационным патентом Украины на полезную модель.*

*Technical and metrological descriptions of existent native flowmeter options for metrological research of common gas meters were analyzed. It was set that all existent options are stationary and need gas meters dismantling for diagnosis and tests, and air is used like a working environment. Technical and metrological construction principles of mobile options for without dismantling diagnosis of common gas meters were formulated. The mathematical model, the functional scheme and the metrological model of mobile option were developed. The features of practical realization of the diagnosing option were considered, its work algorithm is protected by the Declarative patent of Ukraine on the useful model.*

### Постановка проблеми

В побуті та практично у всіх сферах промисловості використовують газоспоживні технології. Тому збереження енергоносіїв є актуальним для будь-якої держави і для України зокрема. Станом на сьогоднішній день проблема раціонального використання природного газу постає особливо гостро. Одним із найважливіших завдань при її вирішенні є забезпечення точного обліку природного газу.

Широке застосування природного газу в комунально-побутовій сфері, зумовлює встановлення побутових лічильників газу (ПЛГ) у багатьох споживачів, число яких згідно даних НАК «Нафтогаз України» на 1 червня 2006 року вже досягло по Україні 5727124, що становить 47,1% від загальної кількості газифікованих квартир. При цьому найвищий відсоток облікованих споживачів є характерним для Тернопільської (96,7%), Закарпатської (82,9%) та Івано-Франківської (78,5%) областей. Згідно Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» на всі ПЛГ поширюється державний метрологічний нагляд і вони підлягають періодичній повірці. Процедура повірки передбачає демонтаж ПЛГ і визначення їх метрологічних характеристик з використанням спеціальних установок [1], робочим середовищем яких є повітря. Однак питання визначення їх реальних метрологічних характеристик під час експлуатації досі є невивченим. Тому доцільним є дослідження метрологічних характеристик ПЛГ впродовж міжповірочного інтервалу за місцем експлуатації, що обумовлює необхідність використання як робочого середовища

природного газу. Це дасть змогу підвищити точність обліку спожитого газу, оскільки з'явиться можливість встановлення невідповідності метрологічних характеристик ПЛГ паспортним даним у випадку їх появи ще до проведення періодичної повірки.

### Аналіз результатів останніх досліджень

Функціонування ПЛГ юридично регламентується нормативними документами [1, 2], які передбачають їх випробування на заводі-виробнику шляхом оцінки метрологічних і технічних характеристик, а також конкретизують методи і засоби їх повірки при випуску з виробництва та після ремонту і під час перебування в експлуатації.

Згідно основних термінів та визначень ДСТУ 2389-94 [3] для технічних об'єктів, до яких можна віднести також і ПЛГ, доцільно застосувати поняття діагностування і контролю технічного стану. У відповідності з цим стандартом завданням технічного діагностування є контроль технічного стану, пошуку та визначення причини відмови і прогнозування технічного стану. Передумовами і обґрунтуванням цих міркувань є конкретизація виду діагностування, зокрема експрес-діагностування за обмеженою кількістю параметрів. Такими параметрами можуть бути визначення порогу чутливості, втрат тиску і відносної похибки для діапазону малих витрат, наприклад при мінімальній витраті і при 20% від її максимального значення. Результати діагностування дали би можливість приймати рішення щодо проведення позачергової повірки або щодо можливості продовження міжповірочного інтервалу.

Таблиця 1 – Технічні і метрологічні характеристики вітчизняних перевірочних установок для ПЛГ

Тип установки	Найменування установки	Відносна похибка, %	Діапазон відтворюваних витрат, м <sup>3</sup> /год	Вид робочого еталону	Фірма-виробник
Дзвоніві установки	РЕОВГ-0,2	0,2	0,016-16	Дзвін у резервуарі з рідиною	КП “СКБ ЗА”, (м. Ів.-Франківськ)
	ІФЗАЗ-2	0,24	0,016-16		ВАТ “Івано-Франківськгаз”
	“Самгаз-Рівне”	0,2	0,01-25		ТЗОВ “Самгаз-Рівне”(м.Рівне)
Установки з еталонним лічильником	“ТЕМПО-3”	0,3-0,5 0,3-0,5 0,3-0,5	0,5-16 0,016-0,3 0,025-0,6	Роторний Барабанний Барабанний	ТЗОВ “Темпо”, (м. Ів.-Франківськ)
	“Калібр”	0,3	0,016-10	Роторний	ДП “Арсенал” (м.Київ)
Установки на базі критичних сопел	АУРС-16 АУРС-65	0,2 0,2	0,006-16 0,016-65	Набір критичних сопел	ВКФ “Курс”, м.Дніпропетровськ
PVT-установка	ІФЗАЗ-PVT	0,35-0,5	0,016-10	Резервуар високого тиску	ВАТ “Івано-Франківськгаз”

Аналіз літературних джерел засвідчив, що діагностувальних витратовимірювальних установок практично нема (окрім деяких нових захищених патентами рішень [4-6]), а існують установки для градування і перевірки лічильників газу, що відображено в їх назві, наприклад [7-9], які можуть бути застосовані для визначення метрологічних характеристик ПЛГ. Найбільш поширеними з них є установки дзвонівого типу [7,10,11], установки з використанням критичних сопел [8,10], установки з еталонними лічильниками [10,12] та установки PVT-типу [9,13].

Принцип дії установок дзвонівого типу базується на дискретно-динамічному способі відтворення об'єму та витрати газу. Вони працюють в діапазоні витрат від 0,16 до 10000 м<sup>3</sup>/год і характеризуються похибкою в межах від 0,1 до 0,3%. На сьогоднішній день ці установки є практично одними з найбільш точних еталонних засобів витратовимірювальної техніки, свідченням чого є створення на їх базі Державного спеціального еталону одиниць об'єму та об'ємної витрати газу [11]. Однак їх основним недоліком є неможливість виконання у мобільному варіанті.

Установки соплового типу використовують для відтворення витрат в діапазоні (0,025-2500) м<sup>3</sup>/год з похибкою від 0,15 до 0,5%. Їх принцип дії полягає у створенні на соплі, через яке протікає повітря або інше робоче середовище, надкритичного перепаду тиску. Перевагою цих установок є висока стабільність відтворюваних витрат. Однак в них відсутня можливість регулювання об'ємної витрати на кожному окремому соплі і необхідне застосування спеціальних технічних пристроїв для забезпечення критичних режимів протікання газу.

Установки з робочими еталонами використовуються для відтворення витрат до 2500

м<sup>3</sup>/год. Як еталонні пристрої застосовують певним чином відібрані серійні лічильники газу, які конструктивно модернізовані і метрологічно атестовані. Недоліком таких установок є неможливість зменшення похибки менше (0,3-0,5)%, що зумовлено перенесенням на них при метрологічній атестації робочих систематичної складової похибки вихідних еталонів, наприклад, дзвонівих установок.

Установки PVT-типу передбачають застосування опосередкованого методу вимірювання витрати газу шляхом вимірювання тиску та температури газу в проградуйованому резервуарі. Відсутність рухомих елементів для відліку відтворюваних значень контрольного об'єму газу, незначні габаритні розміри і можливість їх реалізації на реальному середовищі (природний газ), а також новітні технічні аспекти і принципи реалізації [9, 13] відкривають перспективи їх практичного застосування. Тому на даний час дослідні зразки цих установок вже знаходяться на стадії науково-експериментальних досліджень і впровадження в Україні, зокрема, в умовах ВАТ «Івано-Франківськгаз» (м. Івано-Франківськ) і ТЗОВ «СЛОТ» (м. Івано-Франківськ).

В табл.1 наведено технічні і метрологічні характеристики вітчизняних витратовимірювальних установок, які знайшли застосування для перевірки ПЛГ. Зазначимо, що в наведених установках робочим середовищем є повітря, а варіант виконання – стаціонарний, що не передбачає можливість бездемонтажного дослідження метрологічних характеристик ПЛГ в умовах експлуатації.

З проведеного аналізу видно, що на даний час в Україні відсутні установки, які можна застосовувати для діагностування ПЛГ на місці експлуатації, що свідчить про актуальність питання їх розроблення.

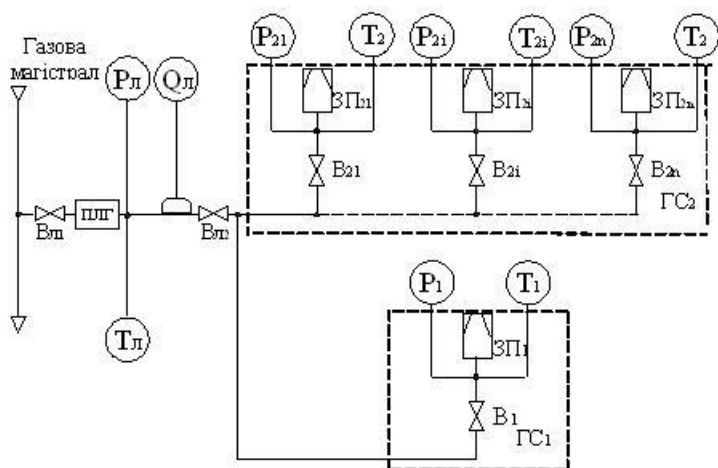


Рисунок 1 – Функціональна схема установки для бездемонтажного діагностування ПЛГ

Крім того, поняття діагностування ПЛГ не набуло практичного аспекту, оскільки відсутні технічні засоби для здійснення такого контролю, а діагностування не має юридично-правового підґрунтя.

#### Завдання досліджень

Обґрунтування можливості застосування терміну діагностування до ПЛГ і розроблення мобільної установки для їх бездемонтажного діагностування у газоспоживачів.

#### Виклад основного матеріалу

На даний час в Україні для визначення можливості подальшого використання ПЛГ існує метод експрес-контролю, регламентований “Інструкцією щодо обслуговування та експрес-контролю побутових лічильників газу...” [14]. Цей метод передбачає послідовне приєднання до ПЛГ, який перевіряється, контрольного (еталонного) лічильника газу за допомогою спеціального технологічного устаткування і порівняння відлічених ними об’ємів газу. Однак головним недоліком, який не дозволяє використовувати цей метод для діагностування ПЛГ, є відсутність юридично-правового підґрунтя цієї операції, а також недостатня коректність отриманих результатів дослідження, оскільки контрольний (еталонний) лічильник повинен бути метрологічно атестованим на природному газі, що в даний час в Україні не проводиться.

Відоме інше виконання пристрою для експрес-контролю ПЛГ [15], яке реалізоване згідно з вимогами інструкції [14], і конструктивно характеризується переносним варіантом логічно завершеного випробувального обладнання. Однак згідно юридично-правового підґрунтя цей пристрій також може використовуватися тільки як засіб експрес-контролю, оскільки йому властиві зазначені вище недоліки практичної реалізації інструкції з використанням контрольного лічильника.

Результати проведених досліджень стосовно конструкції і застосування відомих витрато-вимірювальних установок, а також результатів впровадження експрес-контролю ПЛГ дають

можливість сформулювати техніко-метрологічні засади [16] побудови діагностувальних установок для ПЛГ:

- робоче середовище - природний газ при надлишкових тисках від 0,5 до 3,5кПа;
- значення основної допустимої похибки - не вище  $\pm 0,65\%$ ;
- діапазон робочих витрат (поріг чутливості, мінімальна витрата, подвійне значення мінімальної витрати) - 20% від максимальної витрати для кожного типу ПЛГ;
- можливість діагностування ПЛГ типів G1,6; G2,5; G4; G6;
- мобільність виконання;
- максимальна тривалість діагностування у споживача (не більше 1 год);
- збір вимірювальної інформації (автоматизований або візуально-оптичний);
- застосування пристрою документування результатів діагностування;
- уніфікованість вузлів під’єднання еталонного засобу до газоспоживних апаратів;
- відхилення об’ємних витрат через ПЛГ від заданих значень при діагностуванні повинне відповідати вимогам ДСТУ 3607-97[2].

Для практичної реалізації бездемонтажного діагностування ПЛГ розроблено установку, функціональна схема якої подана на рис. 1. Принцип дії установки полягає у застосуванні попередньо проградуйованих спеціальних звужуючих пристроїв ЗП<sub>1</sub>, ЗП<sub>21</sub>,...ЗП<sub>2i</sub>, ... ЗП<sub>2n</sub> які встановлюються у технологічному обладнанні газоспоживачів ГС<sub>1</sub>, ГС<sub>2</sub> на період дослідження. Під час діагностування газ проходить через вхідний вентиль побутового лічильника В<sub>л1</sub>, ПЛГ, вихідний вентиль побутового лічильника В<sub>л2</sub> і подається через відкриті один або декілька (залежно від заданої витрати) вентилі В<sub>1</sub> і (або) В<sub>2i</sub> до газоспоживачів ГС<sub>1</sub> і (або) ГС<sub>2</sub>, де спалюється в технологічному обладнанні газоспоживачів. При цьому здійснюється вимірювання параметрів газу на виході ПЛГ (тиску Р<sub>л</sub>, температури Т<sub>л</sub>, густини Q<sub>л</sub>) та з врахуванням цих вимірювань визначається об’єм газу, що пройшов через ПЛГ. Висновок про похибку ПЛГ здійснюють за результатами порівняння вимі-

рного об'єму газу ПЛГ з об'ємом, який визначений опосередковано за допомогою одного або декількох звужувальних пристроїв ЗП<sub>i</sub>.

Основою математичної моделі функціонування розробленої установки є умова рівності маси газу, яка протекла через ПЛГ і через звужувальні пристрої

$$m_L = \sum_{i=1}^n m_{зпi}, \quad (1)$$

де:  $m_L$  – маса газу, яка протекла через ПЛГ;  $m_{зпi}$  – маса газу, яка протекла через  $i$ -тий звужувальний пристрій.

Сумарна маса газу, яка протекла через  $n$  паралельно змонтованих звужувальних пристроїв, визначається таким виразом [15]:

$$\sum_{i=1}^n m_{зпi} = \tau \sum_{i=1}^n \alpha_i \varepsilon_i F_i \sqrt{2\Delta p_{зпi} \rho_{зпi}}, \quad (2)$$

де:  $\tau$  – тривалість пропуску газу через ПЛГ;  $\alpha_i$  – коефіцієнт витрати звужувального пристрою;  $\varepsilon_i$  – поправний множник на розширення газу;  $F_i$  – площа отвору звужувального пристрою;  $\Delta p_{зпi}$  – перепад тиску на звужувальному пристрої;  $\rho_{зпi}$  – густина природного газу за робочих умов звужувального пристрою.

Маса газу, яка протекла через ПЛГ, буде становити

$$m_L = V_{LP} \rho_L, \quad (3)$$

де:  $V_{LP}$  – розраховане значення об'єму газу, який протік через ПЛГ;  $\rho_L$  – густина природного газу за робочих умов ПЛГ.

Для розрахунку густини природного газу за робочих умов звужувального пристрою і ПЛГ скористаємося відомими залежностями [10]

$$\rho_{зпi} = \rho_c \frac{p_{зпi}}{p_c} \frac{T_c}{T_{зпi}} \frac{1}{K_{зпi}}, \quad (4)$$

$$\rho_L = \rho_c \frac{p_L}{p_c} \frac{T_c}{T_L} \frac{1}{K_L}, \quad (5)$$

де:  $p_{зпi}$ ,  $T_{зпi}$  – тиск та температура газу перед звужуючим пристроєм;  $p_L$ ,  $T_L$  – тиск та температура газу у ПЛГ;  $K_{зпi}$ ,  $K_L$  – коефіцієнт стисливості газу перед звужувальним пристроєм і у ПЛГ відповідно;  $p_c$ ,  $T_c$ ,  $\rho_c$  – тиск, температура і густина природного газу за стандартних умов.

Розв'язуючи спільно (1)-(5) отримаємо формулу для розрахунку фактичного об'єму газу, який протік через ПЛГ:

$$V_{LP} = \tau \sqrt{\frac{p_c}{\rho_c T_c} \frac{T_L K_L}{p_L}} \sum_{i=1}^n \alpha_i \varepsilon_i F_i \sqrt{2\Delta p_{зпi} \frac{p_{зпi}}{T_{зпi} K_{зпi}}}. \quad (6)$$

Особливістю функціонування розробленої установки є визначення тиску і температури газу перед звужувальними пристроями шляхом вимірювання цих параметрів на ПЛГ з наступним приведенням до умов звужувального пристрою згідно заданої витрати і технологічних параметрів з'єднувальних трубопроводів між ПЛГ і звужувальними пристроями [17]. Зважаючи на такий підхід щодо визначення параметрів газу перед звужуючим пристроєм їх значен-

ня розраховується опосередкованим методом і є функціями таких величин:

$$p_{зпi} = f(p_L, T_L, \rho_L, K_L, p_A, T_{OC}, y_P), \quad (7)$$

$$T_{зпi} = f(T_L, p_L, \rho_L, K_L, p_A, T_{OC}, y_T), \quad (8)$$

де:  $p_A$  – атмосферний тиск;  $T_{OC}$  – температура оточуючого середовища;  $y_P$ ,  $y_T$  – комплексні фактори для зміни тиску і температури відповідно, які є функціями довжини, діаметра, шорсткості внутрішньої поверхні, місцевих опорів та інших параметрів з'єднувальних трубопроводів між ПЛГ і звужувальними пристроями.

Похибка ПЛГ при їх діагностуванні буде визначатися за формулою

$$\delta_L = \frac{V_L - V_{LP}}{V_{LP}} \cdot 100, \% \quad (9)$$

При отриманні негативних результатів діагностування чи перевірки стає можливим формулювання висновку щодо необхідності проведення позачергової перевірки метрологічних характеристик чи повірки ПЛГ, а при отриманні позитивних результатів – формулювання висновку щодо продовження терміну експлуатації ПЛГ до чергової періодичної повірки.

З метою оцінки метрологічних характеристик розробленої установки сформована її метрологічна модель (рис. 2), яка відображає основні складові допустимої похибки  $\delta$ . Ними є:  $\Theta_{pL}$ ,  $\Theta_{TL}$ ,  $\Theta_{\rho L}$  – невилучена систематична похибка (НСП) вимірювання тиску, температури та густини газу на виході з ПЛГ;  $\delta_{p1}$ ,  $\delta_{p21} \dots \delta_{p2n}$  – похибка визначення тиску газу перед звужувальними пристроями;  $\delta_{T1}$ ,  $\delta_{T21} \dots \delta_{T2n}$  – похибка визначення температури газу перед звужувальними пристроями;  $\delta_{a1}$ ,  $\delta_{a21} \dots \delta_{a2n}$  – похибка визначення коефіцієнта витрати звужувальних пристроїв;  $\Theta_{\varepsilon 1}$ ,  $\Theta_{\varepsilon 21} \dots \Theta_{\varepsilon 2n}$  – НСП визначення поправного множника на розширення газу;  $\Theta_K$  – НСП визначення коефіцієнта стисливості;  $\Theta_\tau$  – НСП вимірювання тривалості протікання газу через ПЛГ;  $\Theta_O$  – НСП проведення обчислень за алгоритмом (6)-(9).

## Висновки

Розроблена мобільна установка, яка з врахуванням умов проведення дослідження ПЛГ у газоспоживачів на природному газі забезпечує діагностування ПЛГ безпосередньо за реальних умов їх експлуатації. Використання з цією метою різних типів і типорозмірів звужувальних пристроїв для пальників газоспоживного обладнання розширює можливості визначення метрологічних характеристик ПЛГ для всього діапазону вимірюваних витрат. Установка після метрологічної атестації (як повірочної) може застосовуватись не тільки для діагностування, але і для повірки ПЛГ, тобто визначення метрологічних характеристик для всього робочого діапазону витрат ПЛГ з наступним оформленням за результатами повірки юридично чинних документів.

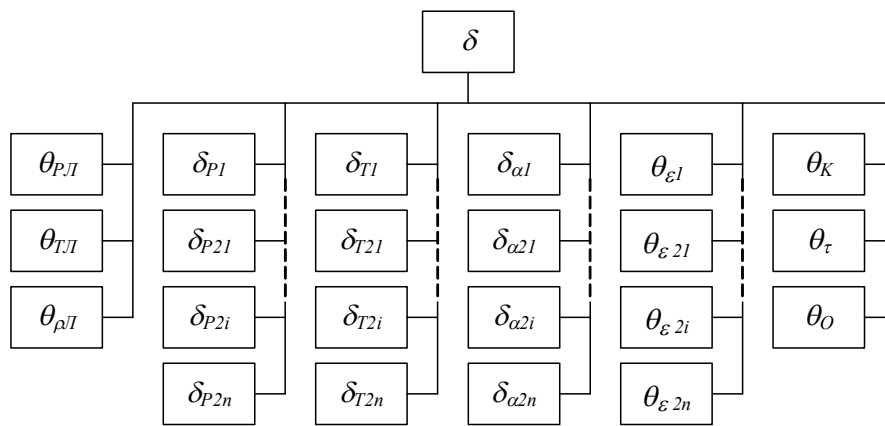


Рисунок 2 – Метрологічна модель установки для бездемонтажного діагностування ПЛГ

Описана установка завдяки своєму функціонуванню на природному газі значно підвищує точність і достовірність діагностування і визначення метрологічних характеристик ПЛГ, а можливість її експлуатації безпосередньо у газоспоживачів сприяє суттєвій економії затрат на проведення цих операцій, оскільки зникає необхідність проведення матеріально затратних операцій демонтажу-монтажу ПЛГ і їх транспортування до відповідних організацій по проведенню державного метрологічного нагляду за ПЛГ.

Наведена метрологічна модель розробленої установки дозволяє визначити впливові фактори точності її функціонування і кількісно оцінити її очікувану похибку.

### Література

- 1 Р50-071-98. Метрологія. Лічильники газу побутові. Методи та засоби повірки.
- 2 ДСТУ 3607-97. Лічильники газу побутові. Правила приймання та методи випробувань.
- 3 ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення.
- 4 Пат. 2091721 С1 Росія, МПК G01F25/00. Спосіб діагностики і градуировки расходомера/В.В. Плотников, А.Б. Кисилевский, А.Д. Северинов и др. //www.sibpatent.ru.
- 5 Пат. 2143669 С1 Росія, МПК G01F25/00. Спосіб метрологіческой діагностики расходомеров / В.Н. Коломеев, А.Ф. Фролов, Ю.В. Пономарев и др. //www.sibpatent.ru.
- 6 Декларацийний пат. на корисну модель. 5981U Україна, МКВ G01F25/00. Спосіб діагностування засобів витратовиміральної техніки з рухомими чутливими елементами / С.І. Мельничук, В.М. Романів, С.В. Яковин та ін. – Оpubл. 15.04.05. Бюл. №4.
- 7 Пат. 42275 Україна, МКВ G01F25/00. Дзвонова установка для градуювання та перевірки витратомірів і лічильників газу / Б.І. Прудніков, О.Є. Середюк, Я.С. Федоришин – Оpubл. 15.02.05. Бюл. №2.
- 8 Пат. 54316 Україна, МПК(2006) G01F25/00. Установка для перевірки витратомірів і лічильників газу / І.С. Петришин, О.Є. Середюк. – Оpubл. 16.01.06. Бюл. №1.

- 9 Пат. 64734 Україна, МКВ G01F25/00. Устаткування для градуювання та перевірки витратомірів і лічильників газу / Б.І. Прудніков, О.Є. Середюк. – Оpubл. 15.03.04. Бюл. №3.

- 10 Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник / М.П. Андрійшин, С.О. Канєвський, О.М. Карпаш та ін. - Івано-Франківськ: ПП “Сімік”, 2004. – 160с.

- 11 Державний спеціальний еталон одиниць об’єму та об’ємної витрати газу / І.С. Бродін, І.С. Петришин, А.Г. Бестелесний та ін. // Український метрологічний журнал. – 1997. – № 3. – С.31–34.

- 12 Вошинський В.С., Іроденко В.В., Вошинський В.В. Установка з еталонами об’єму газу типу УПЛГ-2500 // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – № 4. – С. 104-106.

- 13 Петришин І.С., Середюк О.Є. Метрологічна модель повірочної установки на базі резервуара високого тиску // Вимірювання витрати та кількості газу і нафтопродуктів: Мат. наук.-техн. конф. (м. Івано-Франківськ, 26-28 березня 2003р.). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – С.112-114.

- 14 Інструкція щодо обслуговування та експрес-контролю побутових лічильників газу, які знаходяться в експлуатації: Затв. Держ. ком. нафтової, газової та нафтопереробної промисловості 28.02 96. – К., 1996. – 19 с.

- 15 Гончарук М.І., Чеховський С.А., Середюк О.Є. Рациональне використання природного газу як одна із складових збереження його ресурсів // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 2. – С.3-10.

- 16 Середюк О.Є., Винничук А.Г. Принципи побудови мобільних діагностувальних установок для побутових лічильників газу // Неруйнівний контроль та технічна діагностика: Матер. 5-ї націон. наук.-техн. конф. і виставки (м. Київ, 10-14 квітня 2006р.). – К.: УТНКТД. – 2006. – С.424-426.

- 17 Декларацийний пат. на корисну модель 16522 U Україна, МПК (2006) G01F25/00. Спосіб діагностування та перевірки побутових лічильників газу / О.Є. Середюк, С.А. Чеховський, А.Г. Винничук та ін. – Оpubл. 15.08.06. Бюл. №8.