



УКРАЇНА

(19) UA (11) 5891 (13) U

(51) 7 G01F25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОМПЛЕКС ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ, ПЕРЕВІРКИ І КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ

1

2

(21) 20041008146

(22) 07 10 2004

(24) 15 03 2005

(46) 15 03 2005, Бюл. № 3, 2005 р

(72) Власюк Ярослав Михайлович, Бойко Юрій
Анатолійович, Рибич Ілля Йосипович, Лизун Сте-
пан Олексійович, Панасюк Валерій Лукич, Немчин
Олександр Федорович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "УКРАЇНСЬКИЙ ЦЕНТР
ІННОВАЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЙ"(57) Комплекс обладнання для метрологічної ате-
стації, перевірки і калібрування засобів
вимірювання витрати газу, що складається з дозво-

нового еталонного пристрою, блока збору і пере-
дачі інформації, комп'ютера, сполученого з пуль-
том перевірних операцій, який відрізняється тим,
що в його склад включені еталони основних і су-
путніх фізичних величин, які визначають витрати
газу, поршневий еталонний пристрій, еталонний
пристрій на соплах критичного витоку, мобільні
еталони, які забезпечують метрологічну атестацію
і перевірку різного типу робочих еталонів, якими
оснащені стенди для проведення калібрування і
систематичних перевірок лабораторних, побутових
і промислових засобів вимірювання витрати при-
родного газу

Корисна модель відноситься до техніки, зок-
рема до витратометрії і може бути використана
для випробувань, перевірки, калібрування і метро-
логічної атестації лічильників газу як при їх вигото-
вленні, так і в процесі експлуатації

Для надійного функціонування великого парку
вітчизняних та імпортованих робочих засобів вимірю-
вань витрат газу потрібне відповідне метрологічне
забезпечення, якість якого залежить від класу за-
собів передачі розміру одиниці витрати від етало-
нів до робочих засобів вимірювань

Відомий комплекс обладнання для передачі
розміру одиниці витрати від еталонів до робочих
засобів вимірювань [ж. "Измерительная техника",
№4, 2004, с. 24], який дозволяє проводити метро-
логічну атестацію витратомірів

До складу комплексу входять трубопоршньо-
ва дозуюча установка (еталон) з хонінговим нер-
жавіючим циліндром та поршнем, який сполучений
з шарико-гвинтовим рушійним механізмом, елект-
ропривод поршня з перетворювачем частоти, без-
пульсацийні гвинтові насоси, вимірювальні лінії,
прилади контролю параметрів робочого середо-
вища за температурою і тиском, вимірювально-
обчислювальний комплект обладнання на базі
комп'ютера, певна кількість компараторів та ви-
тратомір, що перевіряють, ресивер, запірні арма-
тура, регулятор тиску та витрат на смінь

Похибку витратоміра, що повіряється, визна-
чають за рахунок порівняння його показної з по-
казниками трубопоршнєвої дозуючої установки,

яка являє вихідний еталон 3 метою підвищення
точності передачі розміру одиниці та діапазону
витрати через контрольований витратомір вико-
ристовують додаткові вимірювальні лінії, на яких
встановлено зразкові засоби вимірювання (компа-
ратори)

За рахунок співставлення показників компара-
торів з показниками трубопоршнєвої групи до-
зуючої установки обчислюють їх похибки та по-
правки

По завершенні калібрування компараторів по-
чинають перевірку перетворювача витрати на
відповідних режимах витрати Перевірка ре-
алізується за рахунок співставлення його показ-
ників з показниками компараторів та трубопорш-
нєвої установки Під час співставлення показники
компараторів приймають з урахуванням обчисле-
них раніше поправок

Причинами, що перешкоджають одержанню
необхідного технічного результату є низька про-
дуктивність комплексу і вузький діапазон витрат
робочого середовища

Відомі пристрої для калібрування і перевірки
лічильників газу [Каталог Газорозподільні пункти
Технологічне устаткування Засоби обліку витрати
газу, - Харків, НПП "Газтехніка", 2002, - 66 с], що
представляють собою соплові витратовимірні ус-
тановки Робочими еталонами витрати в таких
пристроях є мірні критичні сопла Вони спроекто-
вані і виготовлені так, що при створенні визначе-
ного, так званого критичного перепаду тиску між

(13) U

(11) 5891

(19) UA

входом і виходом сопла витрата через сопло залишається строго постійною і не залежить від подальшого зниження тиску і викликаного цим збільшення вище вказаного перепаду тиску. Стенд містить імпульсні датчики для лічильника, що перевіряється, засоби виміру температури і тиску, пристрій для синхронізації процесу перевірки, запірну арматуру. Пристрій працює на усмоктування. Необхідна для перевірки ступінь розрідження створюється за допомогою вакуум-насоса, компресора чи спеціального інжектора. Обчислення погрішності лічильника, що перевіряється, виробляється за допомогою комп'ютера, що входить до складу пристрою. Недоліком таких пристроїв є те, що пристрій забезпечує проведення перевірки тільки для витрат, визначених набором використовуваних сопел. Крім того, експлуатація критичних сопел, особливо для малих витрат, коли їх діаметр становить частки міліметра, ставить дуже високі вимоги до очищення робочого середовища.

Відомий також пристрій [Патент України № 63692A від 15.01.2004], який обрали за прототип, призначений для перевірки і метрологічної атестації лічильників газу, у якому в якості еталону використано мірник дзвонового типу. Пристрій складається з наступних складових частин:

- дзвонового мірника, дзвін якого через систему тросів, шківів і протитяг підвищують у ємності з трансформаторним мастилом;
- системи контролю витрати газу (або повітря) з контрольованого об'єму;
- нагнітача повітря (або газу) з запірним пристроєм;
- гермоклапана;
- регулятора витрати;
- вентиля тонкого регулювання витрати;
- датчиків тиску і температури з перетворювачами;
- блоку збирання і передачі інформації;
- імпульсного датчика для визначення миттєвого положення дзвону;
- пульта керування пристроєм.

Зазначений склад устаткування пристрою забезпечує проведення перевірки двох лічильників одночасно.

З огляду на наявну кількість парку газових лічильників, навіть можливість проведення одночасної перевірки двох лічильників є недостатньою. Причиною, що перешкоджають одержанню необхідного результату є низька продуктивність пристрою і відсутність можливості проведення повірок і метрологічної атестації лічильників під високим тиском.

Спільними ознаками прототипу і запропонованого комплексу є наявність дзвонового мірника, нагнітача повітря з запірним пристроєм, гермоклапана, регулятора витрати, датчиків тиску і температури з перетворювачами, блоку збору і передачі інформації, комп'ютера та пульта повірочних і робочих операцій.

В основу корисної моделі поставлена задача у комплексі обладнання метрологічної атестації, перевірки і калібрування засобів вимірювання витрати газу, шляхом введення нових систем, пристроїв та вузлів, забезпечити високу продуктив-

ність, оперативність, економічність роботи комплексу та широкий діапазон витрат.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу комплексу, крім еталонного пристрою на базі дзвонового мірника, включено еталони основних і супутніх фізичних величин, еталонний пристрій на базі сопел критичного витоку, еталонний пристрій на базі поршневої установки, мобільні еталони на базі роторних, турбінних та ультразвукових лічильників і сопел критичного витоку, чотири стенди метрологічної атестації, перевірки і калібрування лічильників газу, нагнітач та підігрівач природного газу, а також циркуляційний компресор з охолоджувачем природного газу.

Наявність в складі комплексу обладнання еталонів основних і супутніх фізичних величин дозволяє проводити систематичні перевірки і калібрування еталонних пристроїв на базі сопел критичного витоку, дзвонового мірника та поршневої установки, за допомогою яких калібрують мобільні еталони. Сукупність всіх еталонів являє систему відтворення еталону витрати природного газу.

На Фіг. 1 наведено структурну схему комплексу обладнання для метрологічної атестації, перевірки і калібрування засобів вимірювання витрати газу, який складається з системи відтворення еталону витрати природного газу і чотирьох стендів перевірки і калібрування засобів вимірювання витрати природного газу.

Комплекс обладнання спроможний відтворювати, в сукупності, витрату газу в діапазоні від 0,005 до 2 500 000 стандартних метрів кубічних за годину під тиском від 0,1 до 7,5 МПа. Комплекс дає можливість з мінімальною можливою похибкою та оптимальними експлуатаційними витратами здійснювати перевірку та калібрування всіх існуючих типів лічильників, що використовуються для обліку витрати газу.

В якості еталонів основних фізичних величин використано еталони довжини, маси і часу. В якості еталонів супутніх фізичних величин використано еталони температури, тиску і вологості навколишнього середовища, а також еталони температури, тиску, густини, вологості та складу газу.

В якості первинних еталонів витрати газу можуть бути використані такі пристрої:

1. Дзвоновий пристрій:

робоче середовище - природний газ, повітря;
робочий об'єм - 3,5 м³;
витрата - 4 - 400 м³/год під тиском 0,1 МПа;
похибка - менше 0,1 %.

2. Поршневий пристрій:

робоче середовище - природний газ, повітря;
робочий об'єм - 9 м³;
витрата - 500 - 2000 м³/год під тиском 0,4 ± 7,5 МПа;
похибка - менше 0,15 %.

3. Пристрій перевірки сопел критичного витоку:

робоче середовище - природний газ;
робочий об'єм - 3 м³;
витрата - 4 - 400 м³/год під тиском 2,0 ± 4,0 МПа;
витрата - 0,005 ± 16 м³/год під тиском 0,1 ± 0,4 МПа;
похибка - менше 0,15 %.

Проведення калібрування і перевірки робочих

еталонів на трьох різних первинних еталонах дозволяє одержати більш достовірні значення вимірюваної величини за рахунок об'єднання трьох незалежних рядів спостережень. В загальному випадку ряди можуть мати різне число спостережень (n_j) та неоднакову дисперсію (σ). Для того щоб було можливо об'єднати ряди спостережень, і при цьому одержати найбільш точну оцінку вимірюваної величини, необхідно мати в наявності повну інформацію про похибки кожного методу вимірювання та виключити всі безумовно постійні систематичні похибки. При цьому по сукупності різних методів їх не виключені, систематичні похибки можливо вважати випадковими величинами. Для оцінки вимірюваної величини по даних всіх рядів спостережень використовують поняття вагової функції ($\alpha = \frac{n_j}{\sum \sigma_j^2}$), яка характеризує степінь

довіри до відповідного ряду спостережень. Середньозважене значення вимірюваної величини дорівнює

$$x = \sum_{j=1}^m (\alpha_j x_j)$$

де m - число рядів

x_j - середнє значення j -го ряду

α_j - вагова функція j -го ряду

У відповідності з властивостями оцінок максимальної вірогідності дисперсія середньозваженого значення дорівнює

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma_j^2}}$$

З цього слідує, що дисперсія середньозваженого менша дисперсії будь-якого із вихідних середньозважених окремих рядів спостережень і тому при об'єднанні результатів вимірювань кількох рядів спостережень достовірність вимірювань підвищується.

В конкретному випадку, якщо дисперсії вимірювань різних методів спів розмірні

$$\left(\sigma \frac{2}{x_1} = \sigma \frac{2}{x_2} = \dots = \sigma \frac{2}{x_m} = \sigma_{\text{сер}}^2 \right) \text{ тоді}$$

$$\sigma \frac{2}{x} = \frac{\sum_{j=1}^m \sigma_j^2}{m} \quad \text{і} \quad \sigma_x = \frac{\sigma_{\text{сер}}}{\sqrt{m}}$$

тобто похибка відтворення витрати комплексом, що складається з m первинних еталонів, в \sqrt{m} разів менша їхньої середньої похибки за умови відсутності кореляції між похибками еталонів.

Параметри роботи первинних еталонів вибирають оптимальними для конкретного методу вимірювання, враховуючи можливість взаємного зв'язування (гармонізації). Гармонізацію первинних еталонів здійснюють мобільними еталонами (роторні, турбінні та ультразвукові лічильники, сопла критичного витоку). Кожен мобільний еталон використовують у вузькому діапазоні витрат, що дає можливість збільшити достовірність гармонізації.

В якості мобільних еталонів в складі комплексу

використовують такі засоби вимірювальної техніки

1 Лічильник роторний

номінальна витрата - $4 \pm 400 \text{ м}^3/\text{год}$,

тиск - $0,1 \pm 8,0 \text{ МПа}$,

кількість - 6 шт

2 Лічильник турбінний

номінальна витрата - $400 \pm 2000 \text{ м}^3/\text{год}$,

иск- $0,1 \pm 8,0 \text{ МПа}$,

кількість - 4 шт

3 Лічильник турбінний

номінальна витрата - $1600 \pm 8000 \text{ м}^3/\text{год}$,

иск- $0,1 \pm 8,0 \text{ МПа}$,

кількість - 1 шт

4 Сопла критичного витоку

максимальна витрата - $400 \text{ м}^3/\text{год}$,

тиск - $4,0 \text{ МПа}$

При кратному збільшенні (зменшенні) величини витрати в процесі гармонізації використовують паралельно-последовне з'єднання мобільних еталонів. Під час передачі витрати від еталону, який працює при низьких тисках, до еталону, який працює при високих тисках (а також навпаки) використовують паралельно-последовне з'єднання мобільних еталонів з проміжним регулятором тиску. Гармонізацію еталонів проводять в реперних точках, наприклад

- витрата $200 \text{ м}^3/\text{год}$, $400 \text{ м}^3/\text{год}$, $2000 \text{ м}^3/\text{год}$, $8000 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $0,1 \text{ МПа}$, $0,4 \text{ МПа}$, $1,2 \text{ МПа}$, $7,5 \text{ МПа}$

Калібрування нових газових лічильників, а також перевірка і калібрування лічильників, що відпрацювали гарантійний термін, або повернулись з ремонту, виконують на наступних стендах

Стенд № 1

робочі еталони - роторні та турбінні лічильники,

робоче середовище - повітря,

витрата - $4 \pm 24\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $0,1 \pm 1,2 \text{ МПа}$,

похибка - менше $0,2 \%$

Стенд №2

робочі еталони - роторні, турбінні та ультразвукові лічильники,

робоче середовище - природний газ,

витрата - $4 \pm 60\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $4,0 \text{ МПа}$,

витрата - $4 \pm 16\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $0,1 \pm 7,5 \text{ МПа}$,

похибка - менше $0,2 \%$

Стенд №3

робочі еталони - сопла критичного витоку,

робоче середовище - природний газ,

витрата - $4 \pm 16\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $4,0 \text{ МПа}$;

похибка - менше $0,2 \%$

Стенд №4

робочі еталони - сопла критичного витоку,

робоче середовище - природний газ,

витрата - $0,005 \pm 16 \text{ м}^3/\text{год}$ під тиском $0,1 \text{ МПа}$,

похибка - менше $0,3 \%$

В якості прикладу наведено схему підключення стенду №2 (стенду перевірки промислових лічильників) до магістрального газопроводу (Фіг 2). Наведена схема дає можливість реалізувати подачу на стенд та відвід від нього природного газу в наступних режимах "Магістраль", "Газорозподільна станція" та "Циклон".

Режим "Магістраль" передбачає одержання

газу з магістрального газопроводу і його відвід в магістральний газопровід. Повірочний стенд працює наступним чином. Спочатку закривають кран Кр 1, а на регуляторі Рег 1 встановлюють необхідний перепад тиску. Далі відкривають крани Кр 2 та Кр 6, а за допомогою регулятора Рег 2 встановлюють необхідну витрату (максимальна витрата складає 2 500 000 стандартних метрів кубічних за годину). Після цього відкривають крани Кр 3, Кр 4 та Кр 5, а регуляторами Рег 3 та Рег 5 за допомогою підігрівача в трубопроводах стенду встановлюють стабільну температуру. Перевірку лічильників проводять наступним чином. Закривають кран Кр 4, а регулятором Рег 5 встановлюють необхідну витрату газу через повірочний стенд, а через регулятор Рег 2 зменшують витрату для стабілізації величини витрати через крани Кр 2 та Кр 6, тобто стабілізується відбір (подача) газу з (до) магістралі. Стенд в режимі „Магістраль” працює під тиском $3,5 \pm 4,2$ МПа.

Режим „Газорозподільна станція” передбачає одержання газу з магістрального газопроводу і його відвід на вихід до газорозподільної станції (ГРС). Через регулятор №8 постійно забезпечується подача газу на вихід до ГРС (максимальна витрата біля 200 000 стандартних кубічних метрів на годину). Для здійснення подачі природного газу на повірочний стенд відкриваються крани Кр 2, Кр 3 та Кр 7. Регулятор Рег 6 з підігрівачем підтримує необхідний тиск і температуру газу на стенді, а регулятор Рег 7 регулює необхідну витрату через стенд і підтримує необхідний тиск на виході до ГРС. Сумарна витрата газу через регулятори Рег 8 та Рег 7 підтримується на необхідному для споживачів рівні. Стенд в режимі

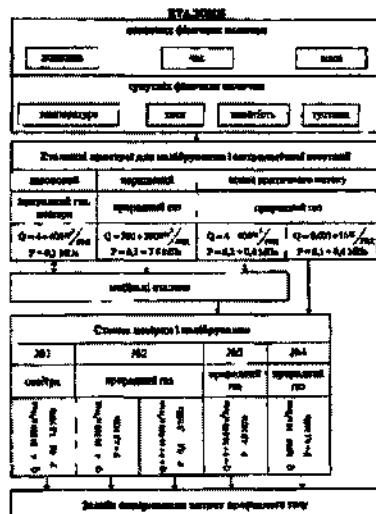
0,3-45 МПа.

Режим „Циклон” передбачає організацію потоку газу через повірочний стенд за допомогою циркуляційного компресора. При цьому крани Кр 2, Кр 4, Кр 6 та Кр 7 закриті, крани Кр 3 і Кр 5 відкриті. За допомогою регуляторів Рег 2, Рег 5 та продуктивністю компресора регулюють величину витрати газу через стенд. Нагнітачем газу, який включено паралельно крану Кр 2 перед процесом перевірки, підвищують тиск в трубопроводах стенду до потрібного значення. При необхідності проведення перевірки під тиском, величина якого менша тиску в магістральному газопроводі, перед процесом перевірки частину газу скидають на вихід до ГРС через кран Кр 7 і регулятор Рег 7. В режимі „Циклон” можливо встановлювати на повірочному стенді витрату газу в межах 0-1 200 000 стандартних метрів кубічних на годину під тиском 0,1 - 7,5 МПа.

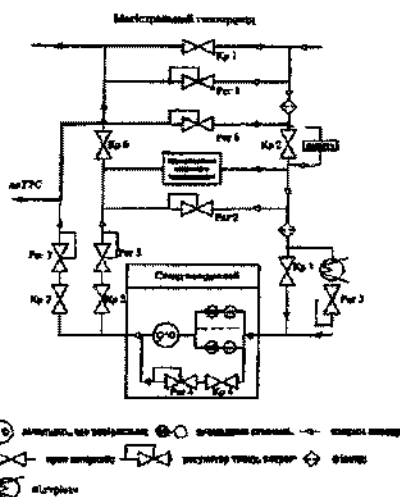
Інші стенди змонтовано за класичними схемами.

Стенд №1, на якому проводять перевірку побутових і промислових лічильників за допомогою дзвонового еталонного пристрою на повітрі, дозволяє проведення повірок лічильників для витрат в діапазоні 4 - 24000 м³/год і тиску 0,1 - 1,2 МПа.

Стенди №3 і №4, на яких проводять перевірку побутових, промислових і лабораторних (малих витрат) лічильників за допомогою еталонного пристрою на соплах критичного витоку на природному газі. Стенд №3 забезпечує витрати газу в діапазоні 4 - 16000 м³/год і тиск 4,0 МПа, а стенд №4 забезпечує витрати газу в діапазоні 0,005 - 16 м³/год і тиск 0,1 МПа.



Фиг 1



Фиг 2