



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25669 (13) U
(51) МПК (2006)
G01F 25/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ЛІЧИЛЬНИКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

1

2

(21) u200706278

(22) 06.06.2007

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Карпаш Олег Михайлович, Бакулін Євген Ми-
колаєвич, Дарвай Ірина Ярославівна(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

(57) Пристрій експрес-контролю лічильників при-
родного газу, що містить ємності високого і низько-
го тиску, випробовувану ділянку, вимірювачі тиску і
температури, мікропроцесорний блок, електромаг-
нітні клапани, компресор-вакуумметр з давачами
тиску, який **відрізняється** тим, що додатково вве-
дений турбінний вимірювач швидкості газового
потoku, встановлений перед ємністю низького тис-
ку та з'єднаний із мікропроцесорним блоком.

Корисна модель відноситься до галузі метро-
логії, а саме, до пристроїв діагностики і контролю
витратовимірювального обладнання, і може вико-
ристовуватись промисловими підприємствами або
комунальними господарствами для оперативної
перевірки працездатності та точності побутових
лічильників газу в умовах його експлуатації без
демонтажу з місця використання, з метою визна-
чення достовірності обліку спожитого природного
газу і відповідності лічильника його метрологічним
характеристикам.

Достовірність обліку газу зумовлюється, в пе-
ршу чергу, точністю вимірювання об'єму та витрат
газу лічильниками, тобто відповідністю встановле-
ним нормам точності і вимогам, яким повинні за-
довольняти засоби вимірювань (ЗВ). Точність ЗВ
нормується границею допустимих значень основ-
ної похибки, яка для прецизійних витратомірів ста-
новить менше $\pm 0,5\%$, точних - від $\pm 0,5$ до $\pm 1,8\%$,
нижчої точності - більше $\pm 1,0\%$. Важливою вимо-
гою, особливо для побутових лічильників, є вимога
"достатньої" нижньої межі вимірювань, при якій
ведеться достовірний облік газу з нормованою
похибкою при мінімальній витраті споживача. Це
мінімальне значення повинно в 3-5 разів переви-
щувати поріг чутливості ЗВ. Контроль працездат-
ності і точності побутових лічильників полягає у
визначенні їхньої відносної похибки і відповідності
її значення вказаному в ТУ. Працездатність лічи-
льника характеризується також відповідністю по-
казнику відмов, що регламентується в технічному
завданні. Відмови для витратовимірювальних за-
собів класифікуються за їх фізичною суттю і поді-
ляються на механічні, зумовлені порушенням ро-
ботоздатності механічних елементів лічильників;
електричні зумовлені виходом довільної методо-

логічної характеристики за межі встановленого
допуску. Працездатність лічильника залежить від
надійності функціонування всієї системи і від того
настільки кожна із видів відмов знаходиться в ме-
жах регламентованих значень. Вимогою для ви-
тратовимірювальної техніки є також незалежність
результатів вимірювань від факторів впливу і збе-
реження працездатності і заданих характеристик
після дії цих факторів.

Проте, в процесі експлуатації точність і надій-
ність газовимірювального обладнання зменшуєть-
ся внаслідок їх відмови, плинності метрологічних
характеристик та несанкціонованого втручання в їх
роботу. На достовірність вимірювань впливає та-
кож зміна фізичного стану газу в залежності від
багатьох факторів: абсолютного тиску в середо-
вищі витратоміра, який у свою чергу залежить від
тиску в конкретних умовах експлуатації витратомі-
ра; сезонні зміни температури, залежить від висо-
ти розташування точки вимірювань над рівнем
моря. Так, із зміною температури на 1°C його об'-
єм змінюється на $0,34\%$, а при зміні тиску на
 100Па , об'єм змінюється на $0,1\%$ при незмінній
масовій витраті газу, що повинно бути враховано
лічильником при вимірюванні і обліку спожитого
газу. Неврахування цього факту приводить до від-
хилення дійсного об'єму спожитого газу порівняно
з показами лічильників на $3,06\%$.

До того ж, оскільки приведена до стандартних
умов об'ємна витрата газу визначається як добу-
ток об'ємної вимірної лічильником витрати на
густину газу за робочих умов, приведений до гу-
стину газу за стандартних умов, а густина, у свою
чергу, залежить від багатьох комплексних параме-
трів, то неврахування цих факторів викликає мет-
рологічну відмову лічильника, зумовлену виходом

(19) UA (11) 25669 (13) U

метрологічних характеристик за межі встановлених допусків і, як наслідок, призводить до недостовірною обліку.

Відома еталона установка соплового типу для випробувань основних метрологічних характеристик лічильників газу [1], яка складається із пристрою, що випробовується (лічильник або витратомір), сопла, джерела витрати, дроселя. Принцип дії установки полягає у створенні за допомогою сопла, через яке протікає потік газу, що задається генератором витрати, надкритичного перепаду тиску. В такому випадку швидкість потоку в найвузшому місці сопла встановлюється рівною до швидкості звуку, що забезпечує надзвичайно високу стабільність витрати. Контрольний об'єм обчислюють як добуток поточної витрати газу, що протікає через сопло, на час вимірювань. За різницею показів лічильника та контрольним об'ємом, що пройшов через лічильник, визначають похибку приладу. Для отримання різних величин витрат при повірці використовують відповідну кількість різних сопел або дроселюванням досягають тієї ж мети. Установка використовується для градування та повірки витратомірів та лічильників для точного відтворення і вимірювання об'єму та об'ємної витрати. Проте, вузький діапазон витрат газу, необхідність наявності окремого сопла для кожної витрати обмежує можливості установки і не дозволяє її використовувати для контролю лічильників без їх демонтажу з місця використання. До того ж, основним джерелом похибок соплових установок є значний градієнт тиску і масообмінні процеси в застійних зонах між соплом й трубопроводом, що викликають пульсації вимірюваного сигналу. Крім того установка не враховує факторів впливу: кліматичних, географічних, та таких які змінюють фізичний стан газу в момент вимірювання, що спотворює достовірність обліку.

Відома установка з робочими еталонами, що складається із взірцевого пристрою, джерела витрати, регульовального клапану, дроселя та пристрою, що повіряється. Принцип дії установки полягає у виділенні із потоку газу, що задається джерелом витрати, за допомогою взірцевого пристрою контрольного об'єму газу. За різницею показів лічильника, з врахуванням відповідних поправок щодо температури та тиску, визначають похибку лічильника. Особливістю цих установок є невисока точність відтворення об'єму та об'ємних витрат, зумовлена похибками взірцевих пристроїв. Як взірцеві пристрої використовують роторні та мембранні лічильники газу спеціально атестовані як взірцеві. Характер зміни кривої похибок цих лічильників залежить від витрати і зумовлений конструктивними похибками, що особливо позначаються на мінімальних витратах [2]. З вищевказаного випливає, що ці установки не придатні для експрес-контролю побутових лічильників для визначення його метрологічних характеристик, оскільки на мінімальних витратах газу споживачами результати вимірювань будуть недостовірними.

Відомий пристрій для контролю та технічної діагностики промислових лічильників газу в експлуатації УНТ [3].

Принцип дії приладу побудований на методі змінного перепаду тиску з використанням усереднювальних напірних трубок. Пристрій складається із двох первинних перетворювачів (окремих спарених напірних трубок) та первинного перетворювача температури. Така конструкція дозволяє вимірювати значення трьох величин, що необхідні для визначення витрати газу: перепад тиску (пропорційний середній швидкості потоку), абсолютний або надлишковий тиск і температуру газу. Метрологічною характеристикою пристрою є градувальний коефіцієнт, який характеризує відношення середньовитратної швидкості потоку до швидкості, що визначається за значеннями перепаду тиску.

Пристрій дозволяє оперативно вимірювати витрату безпосередньо на діючому газопроводі з метою оцінки працездатності засобу вимірювання і діагностування щодо можливості подальшої експлуатації.

Проте, конструкції властива обмежена точність і швидкодія. Інерційність зростає із збільшенням довжини трубок, що з'єднуються із дифманометром. Похибка може лежати у досить широких межах в залежності від стану напірних трубок. Тому облік спожитого газу цим пристроєм можна вважати недостатньо достовірним.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є відомий пристрій для градування та перевірки витратомірів і лічильників газу [4], який складається із зразкового резервуару (ємності) і випробовуваної ділянки, що містить досліджуванний прилад, стабілізатор тиску, пристрій задавання температури газу перед досліджуванним приладом та обчислювач. Принцип дії пристрою побудований на визначенні об'ємної витрати газу на досліджуваному приладі і приведенні до умов його градування шляхом фіксації значень температури і тиску перед ним і в зразковому резервуарі на протязі вибраного проміжку часу і коригувані при цьому значення коефіцієнта стисливості газу стосовно умов в резервуарі і перед досліджуванним приладом.

Пристрій забезпечує розширення сфери застосування, оскільки дає можливість здійснювати градування і перевірку приладів як на реальному природному газі, так і на будь-якому газі, для якого відомі табличні значення коефіцієнта стисливості.

Разом з тим, цей пристрій не можливо застосувати для оперативного контролю точності і працездатності побутових лічильників без демонтажу на місці експлуатації, оскільки алгоритм розрахунку витрати газу, задіяний в цьому пристрої, з приведенням до умов градування, не враховує змін фізичного стану газу в процесі роботи лічильника, які залежать від багатьох факторів впливу.

Принцип дії пристрою полягає у визначенні об'єму газу що пройшов через лічильник і вимірюванні температури і тиску протягом деякого часу і по цих значеннях розраховують коефіцієнт стисливості, а відтак і об'ємну витрату. Але для оперативного контролю лічильників необхідні вимірювання у реальному часі і з певними значеннями тиску і температури, що характеризують фізичний стан газу саме в цей вимірювальний проміжок часу, і саме в цій географічній точці. Крім того, схема

відтворення об'ємної витрати цим пристроєм побудована на безпосередньому порівнянні значень витрати отриманих у зразковому резервуарі витрати і на досліджуваному лічильнику. Проте, для оперативного контролю на місці встановлення лічильника така схема вимірювань не може бути застосована, оскільки між випробовуваною ланкою, що відтворює приведену до стандартних умов об'ємну витрату і досліджуваним лічильником, розташований прилад, що споживає енергію газу, достовірність витрати якого необхідно встановити. До того ж, в пристроях, які використовувалися до цього часу для експрес-контролю лічильників природного газу, неможливо врахувати його точний обсяг, що поступає в ємність низького тиску із-за факторів, які призводять до зміни об'єму цієї ємності, а саме:

- після видалення води, яка заповнювала ємність, на її стінках, внаслідок змочування, невелика кількість води залишається;

- при технологічних циклах викачування та закачування води стінки ємності деформуються.

В першому випадку обсяг корисного об'єму ємності зменшується, у другому - як зменшується так і збільшується.

Задача, що ставилось при створенні корисної моделі вдосконалити пристрій оперативного контролю лічильників, який би шляхом отримання якомога точніших величин об'єму газу стосовно приведених, із врахуванням впливових факторів, що змінюють фізичний стан газу в реальних умовах експлуатації, дозволив встановити відповідність лічильника його метрологічним характеристикам, точність вимірюваної ним об'ємної витрати газу, що забезпечить достовірний облік спожитої енергії безпосередньо на діючому газопроводі, без демонтажу лічильника з місця експлуатації.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій експрес-контролю лічильників природного газу, що містить ємності високого і низького тиску, випробовувану ділянку, вимірювачі тиску і температури, мікропроцесорний блок, електромагнітні клапани, компресор-вакуумметр з давачами тиску, згідно з корисною моделлю, додатково введено турбінний вимірювач швидкості газового потоку, встановлений перед ємністю низького тиску та з'єднаний із мікропроцесорним блоком.

Наявність у пристрої двох ємностей високого і низького тиску дає можливість за допомогою певного рівняння стану газу порівняти зміну маси газу, яка протекла через випробовувану ділянку, з масою газу, що протекла через досліджуваний прилад (лічильник), із врахуванням змін температури і тиску, що змінюють фізичний стан газу.

Наявність компресора-вакуумметра дозволяє уникнути пульсації вимірюваного газу при заповненні ємності ЄНТ з виходу досліджуваного лічильника. В такий спосіб газ під магістральним тиском заповнює ЄНТ, а тому зменшується його температура, що може вплинути на результати вимірювань і викликати похибку.

Наявність у вимірювальній схемі пристроїв давачів тиску і температури, з'єднаних із мікропроцесорним блоком, дозволяє вводити поправки у зміни фізичного стану газу при обчисленні

приведеного до стандартних умов об'єму, що забезпечить достовірність встановлення метрологічних характеристик лічильника і достовірність обліку спожитої енергії.

Наявність електромагнітних клапанів дозволяє автоматизувати процес вимірювання.

Введення у пристрій турбінного вимірювача швидкості газового потоку, що розташований перед ємністю низького тиску, передає інформацію в мікропроцесорний блок про кількість обертів крильчатки за одиницю часу, яка пропорційна швидкості газового потоку. Цей додатковий параметр, який поступає до мікропроцесорного блоку, дасть можливість точно визначити обсяги газу, що поступають у ємність низького тиску, і, тим самим, підвищити точність вимірювання лічильників.

На кресленні зображено пристрій експрес-контролю лічильників природного газу для контролю працездатності та точності лічильників, який містить дві ємності об'ємом 4-10л., одна з яких - ємність 1 високого тиску, розрахована на тиск всередині до 0,5МПа, друга - ємність 2 низького тиску, розрахована на тиск газової магістралі до 0,1МПа; давачі 3,4,5 температури, давачі 6, 7, 8, 9, 10 тиску, компресор-вакуумметр 11, клапани електромагнітні 12, 13, 14, 15, блок мікропроцесорний (МП) 16 для збору, обробки інформації з давачів, виконання розрахунків, та керування процесом вимірювання. Вхід ємності низького тиску (ЄНТ) 2, з'єднаний із електромагнітним клапаном (ЕМК) 15, вхід якого сполучений при експлуатації пристрою із приладом, що споживає енергію газу (наприклад, газовий лічильник побутової газової плити), витрату якого треба виміряти, щоб встановити достовірність обліку спожитої енергії досліджуваним лічильником. Вихід ємності низького тиску 2, з'єднаний із ЕМК 14, вхід якого сполучений із компресором 11. Вихід компресора через ЕМК 13 з'єднаний із виходом ємності високого тиску (ЄВТ) 1, на виході якого встановлений ЕМК 12, що своїм вихідним патрубком під'єднаний до другого приладу - споживача енергії газу, наприклад, газового пальника плити. Введений в схему турбінний вимірювач швидкості газового потоку 17, встановлений перед ємністю низького тиску 2, передає інформацію на мікропроцесорний блок 16 про кількість обертів крильчатки за одиницю часу, що пропорційна швидкості газового потоку. Пристрій працює наступним чином. Через відкритий кран газового пальника (або інший прилад споживання енергії газу, на кресленні не показано), а також при відкритому ЕМК 15 газ із магістралі, попередньо пройшовши через досліджуваний лічильник, заповнює ємність ЄНТ 2, внаслідок чого тиск в ємності встановлюється рівним тиску газової магістралі. При цьому давач тиску 10 і давач температури 5 вимірюють значення абсолютного тиску і температури на досліджуваній ділянці, а давач тиску 9 і температури 4 дають інформацію про абсолютний тиск і температуру на початку витікання газу з ємності ЄНТ 2 і про момент наповнення ємності газом. Після наповнення ЄНТ 2, мікропроцесорний блок 16 по сигналу давачів 4, 5, 9, 10 дасть команду на ЕМК 15, який перекине доступ газу в ЄНТ 2 і одночасно з цим відкриє ЕМК 14, через який газ компресо-

ром-вакуумметром 11 перекачується в ємність ЄВТ 1 через зворотній клапан 13, що пропускає газ тільки в одному напрямку - на вихід з компресора.

Після спорожнення ємності 2, що буде зафіксовано давачами тиску 8 і 9, сигнал з яких надійде до МП 16, який в свою чергу дасть команду на закриття клапану ЕМК 14 і одночасно на відкриття клапану ЕМК 15, який пропустить нову порцію газу через лічильник, в ємність ЄНТ 2 і випробовувану ділянку. Сигнал, про кількість обертів крильчатки за одиницю часу із встановленого перед ЄНТ 2 турбінного вимірювача швидкості газового потоку 17, поступить на мікропроцесорний блок 16, що дозволить зменшити похибку вимірювання лічильника, викликану змінами об'єму ЄНТ 2. Цикл повторюється до досягнення в ємності ЄВТ 1 тиску, що дорівнює 0,3-0,4МПа. На протязі усього процесу вимірювання в ЄВТ 1 постійно контролюється абсолютний тиск і температура давачами 6 і 5 відповідно. В такий спосіб отримують ряд значень тиску і температури, що характеризують роботу лічильника. На підставі точної величини об'єму ємності ЄНТ 2 і виміряних за певний проміжок часу ряду значень тиску і температури, завдяки чому вводять поправки у зміни фізичного стану газу, мікропроцесорний блок 16 за алгоритмом, на із використанням методів нечіткої (фаззи) логіки [5] обчислює об'єм газу, приведений до стандартних умов, що пройшов через досліджуваний лічильник при тиску і температурі в газовій магістралі, виміряних давачами 10 і 5 відповідно. Використання елементів нечіткої логіки зумовлене особливостями фізичного процесу запропонованого експрес-контролю лічильників газу. Завдяки ряду фізичних властивостей природного газу (стиснуваність, залежність об'єму від тиску та температури одночасно), виміряні значення тиску, температури разом із

потрібними значеннями реальної витрати газу складають нечітку множину [6]. Таким чином, найбільш доцільним шляхом розрахунку реальної витрати газу, що пройшов через лічильник за виміряними параметрами (тиск, температура) є застосування методів нечіткої логіки [7].

Лічильник вважають таким, що відповідає вимогам ТУ або Держстандарту, якщо різниця в показках лічильника і об'ємній витраті, виміряній і обчисленій за допомогою запропонованого пристрою, не перевищує значень, що наведені в ТУ на лічильник.

Перелік посилань:

1. РД 50-213-80. Правила измерения расходов газов и жидкостей стандартными устройствами.- М.6 изд-во стандартов, 1982.
2. Вимірювання витрати та кількості газу і нафтопродуктів: Матеріали третьої всеукраїнської науково-технічної конференції. "Витратометрія 2003" -Івано-Франківськ, Факел, 2003р.
3. Експрес контроль та технічна діагностика промислових лічильників газу в експлуатації - І.С.Петришин, Я.В.Безгачнюк, О.Є.Середюк, М.В.Кузь, Б.І.Прудніков, А.Г.Безтелесний. - Журнал "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ" №4. Патент України №54463 G01F25/00, Бюл. №3, 2003р.
5. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Тэрано - М: Мир, 1993. - 512 с.
6. Neurofuzzy mathematical model for monitoring flow parameters of natural gas. V.O.S.Olunloyo, A.M.Ajofoyinbo and A.B.Badiru. - Applied Mathematics and Computation, Volume 149, Issue 3, 22 February 2004, Pages 747-770.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ.- М.: Радио и связь, 1993. - 315с.

