



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56150 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ГАЗУ ПРУДНІКОВА-ЦЬОМИКА

1

2

(21) u201003812

(22) 02.04.2010

(24) 10.01.2011

(46) 10.01.2011, Бюл.№ 1, 2011 р.

(72) ПРУДНІКОВ БОГДАН ІВАНОВИЧ, ЦЬОМИК
ВАДИМ ПЕТРОВИЧ, ВЛАСЮК ЯРОСЛАВ МИХАЙ-
ЛОВИЧ, БЕСТЕЛЕСНИЙ АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ,
КОЛЯДЖИН ІГОР МАТВІЙОВИЧ, СЛЄПКОВА НІ-
НА ЄВГЕНІВНА

(73) ПРУДНІКОВ БОГДАН ІВАНОВИЧ, ЦЬОМИК
ВАДИМ ПЕТРОВИЧ, ВЛАСЮК ЯРОСЛАВ МИХАЙ-
ЛОВИЧ, БЕСТЕЛЕСНИЙ АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ,
КОЛЯДЖИН ІГОР МАТВІЙОВИЧ, СЛЄПКОВА НІ-
НА ЄВГЕНІВНА

(57) Спосіб вимірювання густини газу, що включає обчислення густини газу за визначеною математичною моделлю залежності густини газу від параметрів тиску, температури, і коефіцієнта стисливості газу, вимірюваних за певних умов, в якому вимірювання густини здійснюються за результатами одночасних вимірювань за стандартних умов параметрів газу і витрати/об'єму газу методом змінного перепаду тиску на звукуючих пристроях і методом вимірювань витрати/об'єму газу із застосуванням лічильника газу, і обчислення густини газу здійснюються з використанням математичної моделі за заданим алгоритмом електронною інформаційно-вимірювально-керуючою системою, який відрізняється тим, що вимірювання густини газу здійснюються використанням пристрою Пруднікова-Цьомика з проведенням попереднього калібрування пристрою за результатами вимірювань параметрів газу і витрати/об'єму газу за стандартних умов методом змінного перепаду тиску на звукуючих пристроях і методом вимірювань витрати/об'єму газу із застосуванням лічильників, при цьому попереднє калібрування пристрою Пруднікова-Цьомика здійснюється шляхом пропускання чистого азоту через пристрій на кількох витратах в межах від 0,35 до 0,9 м³/год. з дискретною 0,05

м³/год. та на різних абсолютних тисках перед звукуючим пристроєм в межах від 0,2 до 0,5 МПа з наступним здійсненням порівняльних обчислень густини газу електронною інформаційно-вимірювально-керуючою системою в умовах реальних вимірювань з попередньо прокаліброваним пристроєм з урахуванням поправкового коефіцієнта пристрою, визначеного по точках діапазону в процесі калібрування з використанням визначеної математичної моделі за алгоритмом:

$$\rho_c = A \cdot \Delta P_i \cdot \Delta \tau^2,$$

де А - поправковий коефіцієнт пристрою;

ΔP_i - перепад тиску на звукуючому пристрої;

$\Delta \tau$ - період слідування імпульсів з перетворювача обертання робочого елемента лічильника витрати/об'єму (турбінки, ротора, мембрани тощо) в імпульсні сигнали, поправковий коефіцієнт пристрою А визначають за формулою:

$$A = \frac{0,046258 \cdot D^4 \cdot \varepsilon^2 \cdot k_{\text{унт}}^2 \cdot \alpha^2}{T_i \cdot k^2},$$

де:

D - діаметр трубопроводу за температури 20 °С, в мм;

ε - поправковий множник на розширення вимірюваного середовища (коефіцієнт розширення);

$k_{\text{унт}}^2$ - калібрувальний коефіцієнт звукуючого пристрою;

α - коефіцієнт пропорційності, що характеризує зміну частоти слідування імпульсів з перетворювача обертів робочого елемента лічильника в залежності від витрат;

T_i - абсолютна температура газу в газопроводі, в °С;

k - коефіцієнт стисливості газу.

Корисна модель відноситься до галузі вимірювальної техніки, зокрема до вимірювання густини газів в умовах, приведених до стандартних умов.

Відомий метод вимірювання густини газу з використанням газового густиноміра GD402, розробленого корпорацією ЙОКОГАВА з використанням явища, за якого резонансна частота

(19) UA (11) 56150 (13) U

тонкоплівкової циліндричної посудини коливається в залежності від густини газу, що оточує циліндричну посудину, при цьому якщо на одну і ту ж циліндричну посудину діють частоти двох типів і вимірюється різниця частот, густину вимірюють без застосування збудження, оскільки вимірювання частоти є функцією густини. [Yokogawa Electric Corporation. GS 11T3E1-01E, 1-е изд. Февраль 1998. YG]

Проте цей метод є суттєво дороговартісним і малодоступним, тому не знайшов широкого застосування.

Відомий також спосіб обчислення густини газу за визначеною математичною моделлю залежності густини газу від параметрів тиску, температури, і коефіцієнту стисливості газу, виміряних за певних умов, з використанням формули

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{P_2 \cdot T_1 \cdot K_1}{P_1 \cdot T_2 \cdot K_2}$$

де P_1 , T_1 , K_1 і ρ_1 - тиск, температура, коефіцієнт стисливості і густина газу за стандартних умов

P_2 , T_2 , K_2 і ρ_2 - тиск, температура, коефіцієнт стисливості і густина газу за умов, для яких визначають густину газу.

[Розгонюк В. В і ін. Довідник працівника газотранспортного підприємства. «Роста», К., 2001, с. 9]

Проте практичне використання способу методом зведення густини газу до умов, за яких проводять обчислення, з врахуванням параметрів тиску, температури і коефіцієнту стисливості газу, за такою визначеною математичною моделлю, складає певні труднощі, які впливають на точність вимірювань і величину похибки.

Найбільш близький до корисної моделі, що заявляється, є Спосіб вимірювання густини газу, що включає обчислення густини газу за визначеною математичною моделлю залежності густини газу від параметрів тиску, температури, і коефіцієнту стисливості газу, виміряних за певних умов, за яким вимірювання густини здійснюють за результатами одночасних вимірювань за стандартних умов параметрів газу і витрати/об'єму газу методом змінного перепаду тиску на усереднюючій напірній трубці/соплі і методом вимірювань витрати/об'єму газу із застосуванням лічильника газу, при цьому обчислення густини газу здійснюють з використанням математичної моделі за алгоритмом

$$\rho_c = A \cdot \Delta P_1 \cdot \Delta \tau^2,$$

де A - конструктивний коефіцієнт густиноміра;

ΔP_1 - перепад тиску на усереднюючій напірній трубці (соплі Вентурі, трубці Пітто, діафрагмі);

$\Delta \tau$ - період слідування імпульсів з перетворювача обертання робочого елемента лічильника витрат/об'єму (турбінки, ротора, мембрани, тощо) в імпульсні сигнали, конструктивний коефіцієнт густиноміра A визначають за формулою:

$$A = \frac{0,046258 \cdot D^4 \cdot \varepsilon^2 \cdot k_{\text{унт}}^2 \cdot \alpha^2}{T_i \cdot k^2}$$

де D - діаметр трубопроводу за температури 20°C , в мм;

ε - поправний множник на розширення вимірюваного середовища (коефіцієнт розширення);

$k_{\text{унт}}^2$ - калібрувальний коефіцієнт усереднюючих напірних трубок;

α - коефіцієнт пропорційності, що характеризує зміну частоти слідування імпульсів з перетворювача обертів робочого елемента лічильника в залежності від витрат;

T_i - абсолютна температура газу в газопроводі, в $^\circ\text{C}$;

k - коефіцієнт стисливості газу, і обчислення результатів вимірювань здійснюють електронною інформаційно-вимірювальною керуючою системою. [Патент України на корисну модель, UA, №31921, GO IN 7/00, Бюл. № 8, 2008р.].

Проте цей спосіб має обмежене застосування, оскільки вимагає спеціальної підготовки для проведення вимірювань з забезпеченням необхідної точності вимірювань без попереднього калібрування приладу, яким проводять вимірювання густини.

В основу корисної моделі поставлено задачу винайдення більш простого і точного способу вимірювань густини газу шляхом використання попередньо прокаліброваного пристрою Пруднікова-Цьоміка на основі обчислень густини за результатами вимірювань параметрів газу і одночасних вимірювань витрати/об'єму газу у трубопроводі за умов, коли витрата/об'єм газу є функціональною залежністю від густини газу (методи змінного перепаду тиску на звужуючих пристроях), та вимірювань витрати/об'єму газу методом із застосуванням лічильників газу (роторних турбінних, тощо) за умов, де залежність витрати від густини газу не є визначальною, забезпечити точність вимірювань.

Поставлена задача корисної моделі виконується тим, що вимірювання густини газу, згідно корисної моделі, здійснюють використанням пристрою для вимірювання густини газу Пруднікова-Цьоміка з проведенням попереднього калібрування пристрою за результатами вимірювань параметрів газу і витрати/об'єму газу за стандартних умов методом змінного перепаду тиску на звужуючих пристроях і методом вимірювань витрати/об'єму газу із застосуванням лічильників, при цьому попереднє калібрування пристрою Пруднікова-Цьоміка здійснюють шляхом пропускання через пристрій чистого азоту на кількох витратах в межах від 0,35 до 0,9 м³/год. та на різних абсолютних тисках перед звужуючим пристроєм в межах від 0,2 до 0,5 МПа з дискретою 0,05 м³/год. і 0,05 МПа, відповідно, з наступним здійсненням порівняльних обчислень густини газу електронною інформаційно-вимірювальною керуючою системою з даними сертифікату на азот заводу-виготовлювача з урахуванням поправок пристрою, визначених по точках діапазону в процесі калібрування з використанням визначеної математичної моделі за алгоритмом

$$\rho_c = A \cdot \Delta P_1 \cdot \Delta t^2,$$

де A - поправочний коефіцієнт пристрою;

ΔP_1 - перепад тиску на звукуючому пристрої;

Δt - період слідування імпульсів з перетворювача обертання робочого елементу лічильника витрати/об'єму (турбінки, ротора, мембрани, тощо) в імпульсні сигнали, поправочний коефіцієнт пристрою A визначають за формулою:

$$A = \frac{0,046258 \cdot D^4 \cdot \varepsilon^2 \cdot k_{\text{унт}}^2 \cdot \alpha^2}{T_1 \cdot k^2}$$

де D - діаметр трубопроводу за температури 20°C, в мм;

ε - поправочний множник на розширення вимірюваного середовища (коефіцієнт розширення);

$k_{\text{унт}}^2$ - калібрувальний коефіцієнт звукуючого пристрою;

α - коефіцієнт пропорційності, що характеризує зміну частоти слідування імпульсів з перетворювача обертів робочого елемента лічильника в залежності від витрат;

T_1 - абсолютна температура газу в газопроводі, в °C;

k - коефіцієнт стисливості газу.

Отже сукупністю запропонованих суттєвих ознак щодо способу вимірювання густини маємо достатнє і комплексне рішення поставленої задачі корисної моделі.

Суть запропонованого способу пояснюється кресленням.

На фіг. наведено технологічну схему здійснення способу для вимірювання густини газу, яка включає пристрій для вимірювання густини газу Пруднікова-Цьомика 1 і установку для попереднього калібрування пристрою 2, при цьому пристрій Пруднікова-Цьомика (1) складається з трубопровідної системи подачі газу, яка включає дві випробувальні ділянки - вхідний трубопровід високого/середнього тиску 3 та трубопровід середнього/низького тиску 4, перша (3) із яких обладнана регулювальною апаратурою у складі клапана-відсікача 5, фільтра 6 і регулятора тиску 7, що встановлені послідовно перед звукуючим пристроєм, як приклад, соплом Вентурі критичного витікання 8, котре встановлене на стикуванні трубопроводів високого/середнього (3) і середнього/низького (4) тиску разом з засобами вимірювання параметрів тиску 12 і температури 13 на ділянці 17 трубопроводу (3) перед соплом Вентурі (8), а друга (4) - обладнана, як приклад, роторним лічильником газу 9 з перетворювачем обертів ротора в імпульсні сигнали 10, коректором об'єму/об'ємної витрати газу 11, і засобами вимірювання параметрів тиску 14 і температури 15 на ділянці 18 трубопроводу (4) перед лічильником (9) та випускним краном 16, встановленим після лічильника (9), при цьому всі засоби вимірювання і регулювальна апаратура пов'язані з електронною інформаційно-вимірювально-керуючою системою 19 і разом з нею скомпоновані в переносній шафі/валізі 1, крім того, вхідний трубопровід високого/середнього тиску (3) - на вході і трубопровід

середнього/низького тиску (4) - на виході споряджені штуцерами, 20 і 21 відповідно, для під'єднання пристрою Пруднікова-Цьомика гнучкими шлангами до діючого трубопроводу в місці вимірювання.

Установка попереднього калібрування (2) споряджена джерелом подання чистого азоту у вигляді балона (ємності) високого тиску 22, з наперед відомою густиною азоту, задекларованою заводом-виготовлювачем в сертифікаті, запірним вентилям 23 і регулятором тиску 24 та під'єднуючим шлангом 25.

Спосіб вимірювання густини газу здійснюють наступним чином.

Перед проведенням вимірювань в реальних умовах здійснюють попереднє калібрування пристрою Пруднікова-Цьомика шляхом підключення до нього (через штуцер 20) підєднуючим шлангом 25 установки попереднього калібрування 2 з поданням чистого азоту з балона (ємності) високого тиску 22, з наперед відомою густиною азоту, через запірний вентиль 23 і регулятор тиску 24, задаючи в трубопроводі 3 на ділянці 17 перед звукуючим пристроєм 8 необхідний тиск та витрату у визначених межах від 0,2 до 0,5 МПа та від 0,35 до 0,9 м³/год. з дискретою 0.05 МПа і 0,05 м³/год., відповідно. При цьому отримані результати порівнюють з величиною густини чистого азоту, задекларованою в сертифікаті заводу-виробника азоту. Розбіжність не повинна перевищувати ±0,15 %. При перевищенні допустимого значення, з метою усунення систематичної похибки пристрою Пруднікова-Цьомика 1, вводять поправки по точках, визначених шляхом попереднього калібрування. Далі попередньо прокалібрований пристрій 1 за допомогою штуцерів 20 і 21 підключають в реальне середовище, де проводять вимірювання густини.

При протіканні газу по трубопроводі середнього тиску 3 тиск газу знижується в трубопроводі низького тиску 4 до низького тиску регулятором витрати 6. Одночасно тиск газу з трубопроводу середнього тиску 3 протікає в трубопроводі низького тиску 4 через регулятор тиску 7, який підтримує в ньому тиск на певному рівні за допомогою інформаційно-вимірювально-керуючої системи 19, за результатами вимірювань тиску перетворювачами тиску газу 12 і 14. Температура газу після дроселювання підтримується регулятором температури газу 15 і регулюється інформаційно-вимірювально-керуючою системою 19 за результатами вимірювань температури перетворювачем температури газу 13.

Таким чином, газ, приведений до стандартних умов, проходить через два вимірювальні пристрої витрати/об'єму, один з яких працює на основі звукуючого пристрою 8, а другий - на основі перетворювача об'єму/лічильника газу 9 з перетворювачем обертів ротора в імпульсні сигнали 10.

При протіканні газу через звукуючий пристрій 8 швидкість потоку газу перетворюється в перепад тиску ΔP_1 , а при протіканні через роторний перетворювач витрати/лічильник газу 9 - в імпульсні сигнали з частотою f_1 і з періодом слідування імпульсів Δt перетворювачем швидкості обертів

ротора 10, при цьому необхідна витрата і заданий тиск газу забезпечуються електронною інформаційно-вимірювально-керуючою системою 19 через коректор 11.

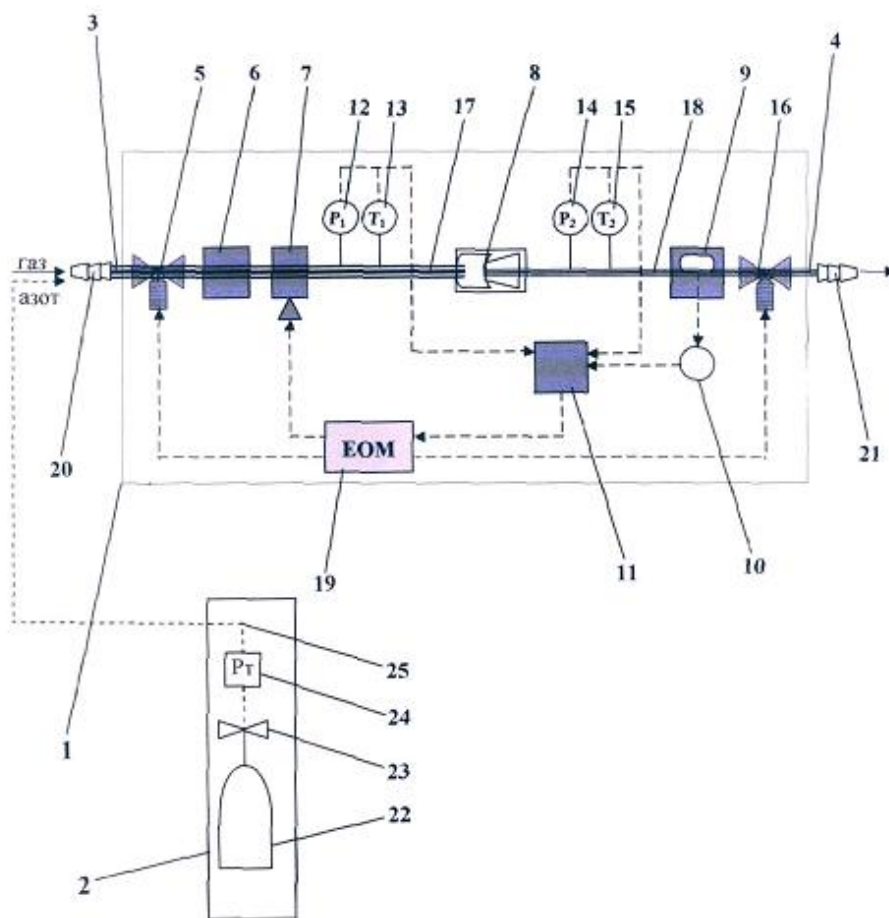
Таким чином, підтримуючи тиск та температуру газу на певному рівні, проводячи вимірювання перепаду тиску газу ΔP_i на звужуючому пристрої 8 і періоду слідування імпульсів $\Delta \tau$ з роторного перетворювача 10 на основі лічильника газу 9, з урахуванням визначеного коефіцієнта A прокаліброваного пристрою, за допомогою інформаційно-вимірювально-керуючої системи 19 обчислюють значення густини газу в трубопроводі

з використанням математичної моделі за алгоритмом

$$\rho_c = A \cdot \Delta P_i \cdot \Delta \tau^2,$$

з урахуванням поправок попередньо прокаліброваного пристрою Пруднікова-Цьомика чистим азотом.

Спосіб вимірювання густини газу з використанням попередньо прокаліброваного пристрою Пруднікова-Цьомика дозволяє вимірювати густину газу за будь-яких умов з забезпеченням необхідної точності вимірювань і допустимої величини похибки.



Фіг.