



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 112737

(13) C2

(51) МПК

G01N 25/20 (2006.01)

G01N 25/22 (2006.01)

G01N 25/26 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 12215	(72) Винахідник(и):	Середюк Орест Євгенович (UA), Лютенко Тетяна Володимирівна (UA), Малісевич Наталія Миколаївна (UA)
(22) Дата подання заявки:	09.12.2015	(73) Власник(и):	Середюк Орест Євгенович, вул. Симоненка, 14, кв. 22, м. Івано- Франківськ, 76006 (UA), Лютенко Тетяна Володимирівна, вул. Симоненка, 35, кв. 82, м. Івано- Франківськ, 76006 (UA), Малісевич Наталія Миколаївна, вул. Сагайдачного, 32-а, кв. 2, м. Івано- Франківськ, 76007 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.10.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 4062236 A1, 13.12.1977 UA 84975 C2, 10.12.2008 UA 48121 U1, 10.03.2010 SU 1693504 A1, 23.11.1991 RU 2169361 C1, 20.06.2001 RU 2531842 C2, 27.10.2014 US 5494826 A1, 27.02.1996 KR 101423566 B1, 29.07.2014 JP 2013205109 A, 07.10.2013 CN 102207478 A, 05.10.2011
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.03.2016, Бюл.№ 5		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.10.2016, Бюл.№ 19		

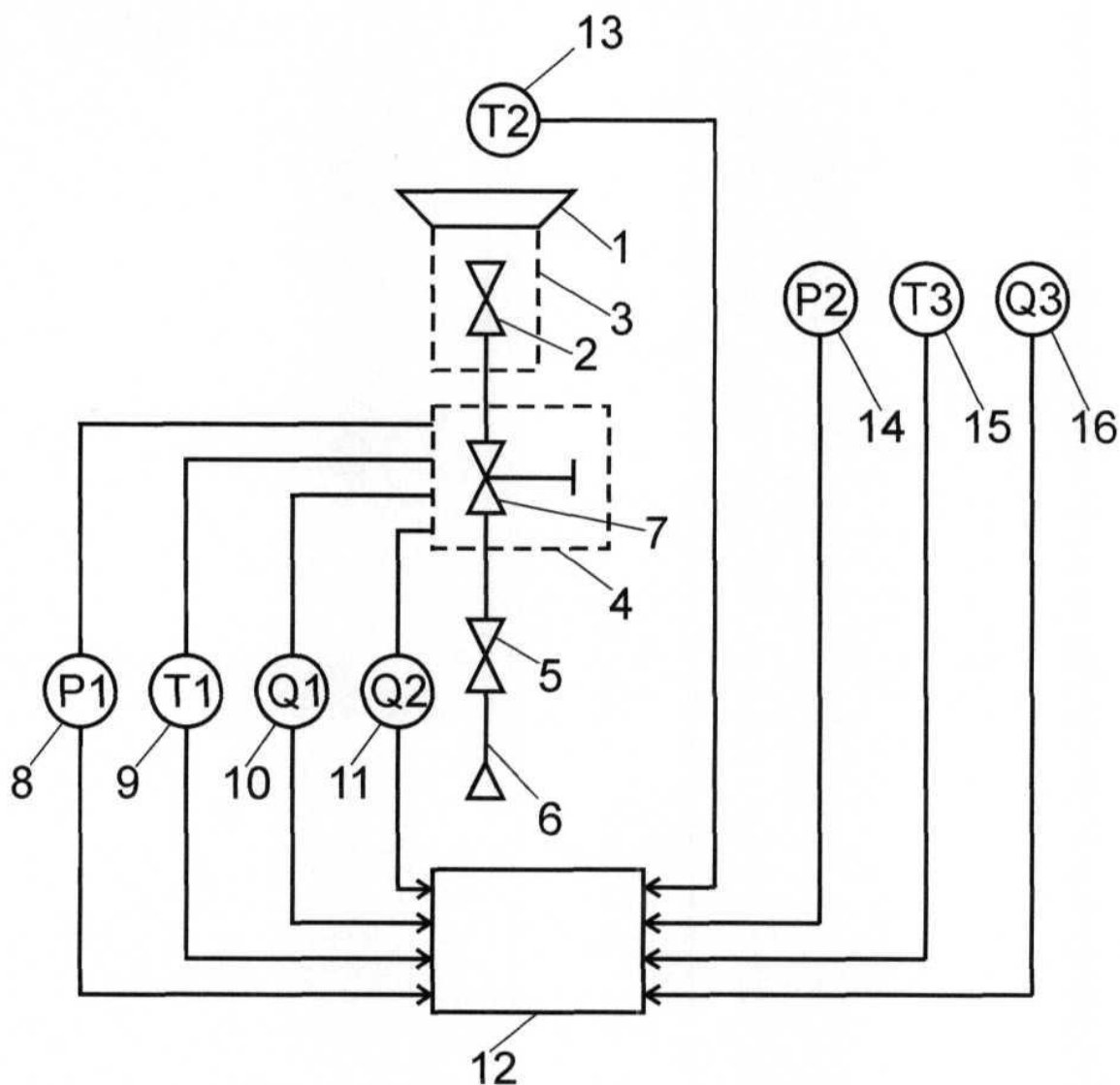
(54) СПОСІБ ЕКСПРЕС-ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для експрес-визначення теплоти згорання природного газу. Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу полягає у вимірюванні температури полум'я пальника при згоранні суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям. Згідно з пропонованим винаходом постійне об'ємне співвідношення суміші газу і повітря при її згоранні підтримують застосуванням у пальнику інжекторного забірного пристрою навколишнього повітря і проградуированого по витраті торцевого звукувального пристрою із технологічним вузлом регулювання надлишкового тиску і вимірюванням температури, густини і вологості природного газу, і, з урахуванням залежності між теплою згорання природного газу і температурою полум'я пальника за попередньо визначених значень робочих параметрів і теплоти згорання природного газу і відомих значень тиску, температури, вологості навколишнього середовища, коригують результати визначення теплоти згорання до стандартних умов за формулою $H_C = (At - BK_1\phi)q_{CT}$, Дж/м³, де А - коефіцієнт конструктивного виконання пальника, t - температура полум'я пальника, В - коефіцієнт теплоти випаровування вологи повітря, K₁ - коефіцієнт інжекції інжекторного пристрою пальника, φ - відносна вологість повітря

UA 112737 C2

нарколишнього середовища, q_c - об'ємна витрата газу через звукувальний пристрій, τ - тривалість пропуску об'єму газу через пальник, при цьому значення коефіцієнта конструктивного виконання пальника A визначають під час попереднього калібрування пальника, на якому проводять вимірювання, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу. Пропонований спосіб підвищує точність і достовірність визначення теплоти згорання природного газу з можливістю його реалізації безпосередньо у газоспоживачів. Спосіб дозволяє визначати теплоту згорання одоризованого природного газу та теплоту згорання вологого природного газу за будь-якого його компонентного складу.



Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для експрес-визначення теплоти згорання природного газу.

Відомий спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу, який здійснюють шляхом вимірювання швидкості поширення ультразвукових коливань у газі, вмісту в ньому азоту та діоксиду вуглецю з наступним використанням математичної залежності теплоти згорання природного газу від виміряних його параметрів, яка отримана з використанням алгоритмів штучних нейронних мереж [Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу, патент на винахід, Україна, № 92846 C2, G01N 25/20, G01N 29/00, Бюл. № 23, 2010 р.].

Цей спосіб передбачає необхідність попереднього визначення вмісту азоту в природному газі, що є достатньо складним технічним завданням, оскільки реалізація способу вимагає застосування дороговартісних засобів вимірювання, особливо для вимірювання вмісту діоксиду вуглецю, що робить реалізацію способу великозатратною у вартісному аспекті. Поряд з цим цей спосіб придатний для вимірювання теплоти згорання тільки сухого газу, оскільки алгоритм реалізації способу не передбачає врахування вмісту вологості в природному газі, що потребує додаткових затрат при здійсненні осушування газу при його підготовці до визначення теплоти згорання. Крім того, використання алгоритму штучних нейронних мереж для реалізації способу потребує спеціальних знань і відповідного інтелектуального потенціалу обслуговуючого персоналу, що ускладнює можливість його практичного застосування.

Найбільш близьким за технічною суттю до способу, що заявляється, є спосіб визначення теплоти згорання горючих газів, який полягає у вимірюванні температури полум'я пальника при згоранні суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям [Method of and means for accurately measuring the calorific value of combustible gases, US Patent, № 4062236, G01N 25/30, 1977].

При реалізації цього способу спочатку за допомогою двох пальників спалюють досліджуваний газ разом з газом-носієм, що підтримує горіння, вимірюючи температуру полум'я і витрату досліджуваного газу за допомогою турбінного витратоміра. Потім досліджуваний газ змішують в одній лінії з газом-носієм і подають в обидва пальники, регулюючи витрату таким чином, щоб досягнути максимальної температури полум'я в пальниках. На основі отриманих даних щодо об'ємного співвідношення витрат газів, за яких досягається максимальна температура полум'я, розраховують теплоту згорання досліджуваного газу.

Проте цей спосіб вимагає двоетапності практичної реалізації і, як наслідок, тривалості проведення досліджень. Крім того, цей спосіб характеризується складністю технічної реалізації внаслідок необхідності застосування двох спеціальних ідентичних пальників, турбінного витратоміра, системи керування вентилями і електромагнітним клапаном для регулювання співвідношення витрат досліджуваного газу і газу-носія, що обумовлює недостатню точність і повторюваність результатів вимірювання, оскільки визначення моменту максимальної температури полум'я є оптимізаційною характеристикою, яка потребує поетапного регулювання в сторону збільшення і зменшення об'ємного співвідношення газів для зміни температури полум'я пальників.

В основу винаходу - спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу поставлено задачу розроблення нового способу шляхом запровадження нового підходу до забезпечення постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу і повітря при згоранні суміші з одночасним врахуванням робочих параметрів компонентів суміші, забезпечити проведення вимірювання теплоти згорання природного газу оперативно, безперервно, в режимі реального часу з високою точністю при одночасному спрощенні технічної реалізації вимірювань.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі експрес-визначення теплоти згорання природного газу, який полягає у вимірюванні температури полум'я пальника при згоранні суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям, згідно з пропонуванням винаходом, постійне об'ємне співвідношення суміші газу і повітря при її згоранні підтримують застосуванням у пальнику інжекторного забірного пристрою навколишнього повітря і проградуйованого по витраті торцевого звужувального пристрою із технологічним вузлом регулювання надлишкового тиску і вимірюванням температури, густини і вологості природного газу, і, з урахуванням залежності між теплотою згорання природного газу і температурою полум'я пальника за попередньо визначених значень робочих параметрів і теплоти згорання природного газу і відомих значень тиску, температури, вологості навколишнього середовища, коригують результати визначення теплоти згорання до стандартних умов за формулою

$$H_C = (A_t - BK_1\varphi)q_{Ct}, \text{ Дж/м}^3,$$

де А - коефіцієнт конструктивного виконання пальника, t - температура полум'я пальника, В - коефіцієнт теплоти випаровування води повітря, K₁ - коефіцієнт інжекції інжекторного пристрою пальника, φ - відносна вологість повітря навколишнього середовища, q_c - об'ємна

витрата газу через звужувальний пристрій, т - тривалість пропуску об'єму газу через пальник, при цьому значення коефіцієнта конструктивного виконання пальника A визначають під час попереднього калібрування пальника, на якому проводять вимірювання, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу.

Новий підхід до забезпечення постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу і повітря при згоранні суміші з одночасним врахуванням робочих параметрів компонентів суміші обґрунтовується здійсненням вимірювань із застосуванням у конструкції пальника інжекторного забірної пристрою навколишнього повітря, яким забезпечують досягнення постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям, а також завдяки забезпеченню умов дотримання постійного перепаду тиску до і після торцевого звужувального пристрою, проградуйованого по витраті, що в комплексі дозволяє точніше вимірювати витрату природного газу, який подається на спалювання, і саме цим досягають підвищення точності визначення теплоти згорання природного газу. Крім того, завдяки тому, що в звужувальному пристрою відсутні рухомі елементи, спрощено технічну реалізацію запропонованого способу.

Технологічним вузлом регулювання надлишкового тиску і вимірювання при цьому температури, густини і вологості природного газу забезпечують стабільність і постійність умов згорання суміші при визначенні теплоти згорання природного газу шляхом задання необхідного і постійного перепаду тиску на торцевому звужувальному пристрою, що в свою чергу сприяє підвищенню точності реалізації способу вимірювання.

Використання повітря як газу-носія для підтримання горіння спрощує технічну реалізацію способу, оскільки не вимагає застосування спеціального газу-носія, а визначення і врахування параметрів повітря навколишнього середовища (температура, атмосферний тиск, вологість) дає можливість їх врахування при визначенні теплоти згорання, чим досягається підвищення точності визначення теплоти згорання.

Підвищенню точності визначення теплоти згорання сприяє також врахування вологості природного газу шляхом її вимірювання.

Реалізацію способу експрес-визначення теплоти згорання забезпечують попередньо встановленою експериментальною залежністю між теплою згорання природного газу і температурою полум'я пальника за відомих значень робочих параметрів і калорійності природного газу і відомих значень тиску, температури, вологості навколишнього середовища.

Застосування коригування результатів визначення теплоти згорання до стандартних умов з урахуванням коефіцієнта конструктивного виконання пальника, який визначають під час попереднього калібрування пальника, на якому проводять вимірювання, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу, забезпечує можливість проведення експрес-визначення теплоти згорання практично за будь-яких умов навколишнього середовища і за вимірних значень параметрів природного газу (тиск, температура, густина, вологість) перед звужувальним пристроєм пальника. При цьому проведення попереднього калібрування пальника щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання дозволяє враховувати особливості функціонування пальника на різних сумішах природного газу, що виключає можливість випадкового впливу конструктивних особливостей пальника і недостовірності вимірювань із забезпеченням необхідної точності вимірювання і допустимої величини похибки.

Таким чином, сукупністю відомих і пропонуваніх суттєвих ознак отримано якісно новий технічний результат, достатній для вирішення поставленої задачі.

Суть реалізації способу пояснює креслення. На кресленні наведено блок-схему способу експрес-визначення теплоти згорання природного газу. Схема містить пальник 1 з торцевим звужувальним пристроєм 2 подачі природного газу і інжекторним забірним пристроєм повітря з навколишнього середовища 3. Вхідний патрубок пальника (1) приєднано до технологічного вузла 4 регулювання надлишкового тиску і вимірювання температури, густини і вологості природного газу, який в свою чергу приєднаний через кран подачі газу 5 до лінії подачі газу 6. Технологічний вузол (4) обладнаний вузлом регулювання надлишкового тиску 7 і давачем тиску 8, температури 9, густини 10 і вологості 11 природного газу, які через відповідні узгоджуючі пристрої (на кресленні не наведено) під'єднані до ПЕОМ 12. Давачі температури полум'я пальника 13, тиску 14, температури 15 і вологості 16 також через відповідні узгоджуючі пристрої (на кресленні не наведено) під'єднані до ПЕОМ 12.

Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу здійснюють так.

Перед проведенням вимірювань за реальних умов здійснюють попереднє калібрування пальника 1, на якому проводять експрес-визначення теплоти згорання природного газу пропонуваніс способом. Для цього під'єднують до джерела природного газу з відомою його

теплотою згорання лінію подачі природного газу 6 до пальника 1 через технологічний вузол 4 регулювання надлишкового тиску і вимірювання температури, густини і вологості природного газу. Далі відкривають кран подачі газу 5 до пальника 1 і запалюють пальник 1. Наступною операцією встановлюють з використанням ПЕОМ 12, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, залежність між відомим значенням теплоти згорання природного газу і температурою полум'я з урахуванням виміряних значень надлишкового тиску, температури, густини і вологості природного газу і виміряних значень тиску, температури і вологості повітря навколишнього середовища.

При цьому об'єм природного газу, що проходить через торцевий звужувальний пристрій для визначення його об'ємної теплоти згорання, розраховують за формулою:

$$q_C = 5,9736 \cdot 10^{-2} \alpha \varepsilon d^2 K_\Phi \sqrt{\frac{P \Delta p}{\rho_C T K}}, \text{ м}^3/\text{с}, (1)$$

де q_C - об'ємна витрата газу через звужувальний пристрій, $\text{м}^3/\text{с}$;

α - коефіцієнт витрати звужувального пристрою;

ε - поправний множник на розширення газу;

d - діаметр отвору звужувального пристрою пальника;

Δp - перепад тиску на звужувальному пристрої;

ρ_C - густина природного газу за стандартних умов;

K_Φ - коефіцієнт, який враховує вологість природного газу;

P, T, K - абсолютний тиск, абсолютна температура і коефіцієнт стисливості природного газу

за умов звужувального пристрою відповідно.

На завершальному етапі визначають теплоту згорання H_C природного газу за стандартних умов за формулою:

$$H_C = (A t - B K_1 \varphi) q_C \tau, \text{ Дж/м}^3, (2)$$

де A - коефіцієнт конструктивного виконання пальника;

t - температура полум'я пальника;

B - коефіцієнт теплоти випаровування води повітря;

K_1 - коефіцієнт інжекції інжекторного пристрою пальника;

φ - відносна вологість повітря навколишнього середовища;

q_C - об'ємна витрата газу через звужувальний пристрій;

τ - тривалість пропуску об'єму газу через пальник.

Значення коефіцієнта конструктивного виконання пальника A визначають під час попереднього калібрування пристрою експрес-визначення теплоти згорання щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу.

При проведенні експрес-визначення теплоти згорання, безпосередньо пропонуваним способом, під'єднують джерело досліджуваного природного газу до лінії його подачі 6 до попередньо прокаліброваного пальника 1, скомпонованого з інжекторним забірним пристроєм 3 забору навколишнього повітря і проградуйованим по витраті торцевим звужувальним пристроєм 2, через технологічний вузол 4 регулювання надлишкового тиску і вимірювання температури, густини і вологості природного газу. Далі відкривають кран 5 подачі газу до пальника 1 і запалюють пальник. Після цього вузлом регулювання 7 регулюють до необхідного значення перепад тиску природного газу на звужувальному пристрої 2 пальника 1 і вимірюють температуру полум'я давачем 13. Після цього вимірюють температуру, густину і вологість природного газу давачами 9, 10, 11 і параметри повітря навколишнього середовища (тиск, температура, вологість) давачами 14, 15 і 16 відповідно.

Далі за попередньо визначеними для даного пальника значенням коефіцієнта конструктивного виконання A за формулами (1) і (2) здійснюють розрахунок теплоти згорання досліджуваного природного газу.

Пропонований спосіб підвищує точність і достовірність визначення теплоти згорання природного газу з можливістю його реалізації безпосередньо у газоспоживачів, що сприяє суттєвій економії затрат на проведення вимірювань без матеріально затратних операцій відбору проб природного газу і їх транспортування до відповідних лабораторій з контролю якості природного газу. Спосіб дозволяє визначати теплоту згорання одоризованого природного газу, що при застосуванні хроматографічного методу аналізу є недопустимим, і вимірювати теплоту згорання вологого природного газу будь-якого компонентного складу, в т.ч. за наявності неуглеводневих компонентів із забезпеченням необхідної точності вимірювання і допустимої величини похибки.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу, що полягає у вимірюванні температури полум'я пальника при згоранні суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям, який **відрізняється** тим, що постійне об'ємне співвідношення суміші газу і повітря при її згоранні підтримують застосуванням у пальнику інжекторного забірної пристрою навколишнього повітря і проградуйованого по витраті торцевого звужувального пристрою із технологічним вузлом регулювання надлишкового тиску і вимірюванням температури, густини і вологості природного газу, і, з урахуванням залежності між теплотою згорання природного газу і температурою полум'я пальника за попередньо визначених значень робочих параметрів і теплоти згорання природного газу і відомих значень тиску, температури, вологості навколишнього середовища, коригують результати визначення теплоти згорання до стандартних умов за формулою:

$$H_C = (At - BK_1\varphi)q_C\tau, \text{ Дж/м}^3,$$

де А - коефіцієнт конструктивного виконання пальника;

t - температура полум'я пальника;

В - коефіцієнт теплоти випаровування води повітря;

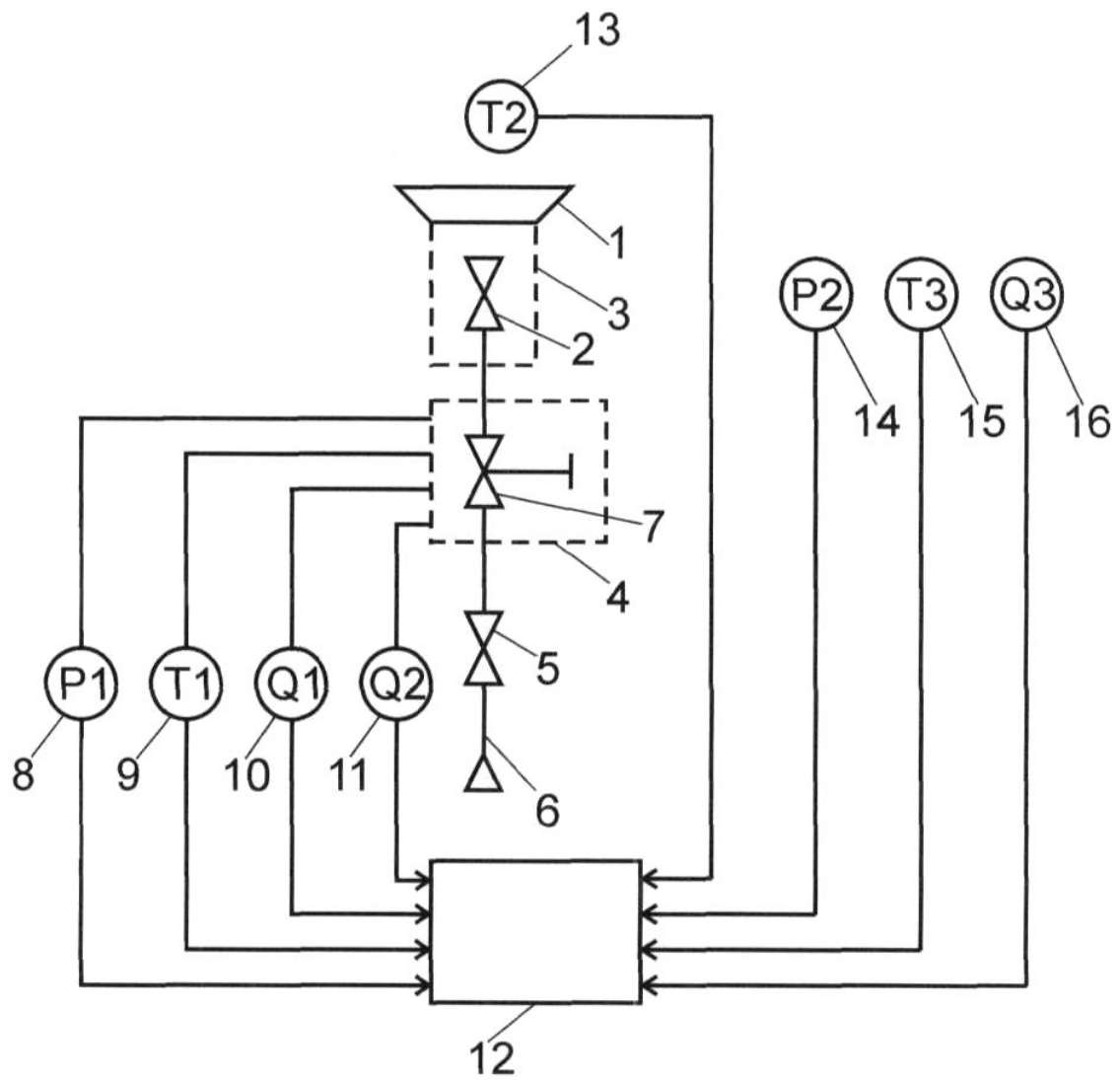
K₁ - коефіцієнт інжекції інжекторного пристрою пальника;

φ - відносна вологість повітря навколишнього середовища;

q_C - об'ємна витрата газу через звужувальний пристрій;

τ - тривалість пропуску об'єму газу через пальник,

при цьому значення коефіцієнта конструктивного виконання пальника А визначають під час попереднього калібрування пальника, на якому проводять вимірювання, щонайменше на трьох сумішах природного газу відомої теплоти згорання, як функцію від робочих параметрів згорання природного газу.



Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601