



УКРАЇНА

(19) UA (11) 47865 (13) A

(51) G 01F 1/69

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ДАТЧИК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ АБО РІДИНИ

1

2

(21) 2001106932

(22) 11 10 2001

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р.

(72) Макарова Наталія Василівна, Фатюк
Олександр Володимирович(73) Товариство з обмеженою
відповідальністю НПП

"УКРГАЗГЕОАВТОМАТИКА"

(56)

(57) 1 Датчик для виміру витрати газу або рідини,
що містить корпус датчика з нержавіючої сталі з
закритим нижнім кінцем, каркас, виконаний з
металу з високим коефіцієнтом теплопровідності,
розміщений у нижній частині корпусу, ізоляція,
нанесені на каркас, і нагрівальний елемент, якийвідрізняється тим, що датчик містить додатковий
каркас і два терморезистори, які розташовані на
порожніх каркасах, розміщених у корпусі датчика,
при цьому каркас з терморезистором і
нагрівальним елементом, розташований у нижній
частині корпусу датчика, утворює нижній чутливий
елемент, каркас з терморезистором,
розташований у верхній частині корпусу датчика,
утворює верхній чутливий елемент, а відстань між
чутливими елементами заповнена
теплоізоляційним матеріалом2 Датчик по п. 1, який відрізняється тим, що
нагрівальний елемент розташований у порожнині
каркаса3 Датчик по п. 1, який відрізняється тим, що
нагрівальний елемент розташований на зовнішній
поверхні каркаса

Винахід відноситься до вимірювальної техніки
і може бути використаний для виміру витрати газу
або рідини в магістральних трубопроводах

Сучасні вимоги до виміру витрати газу або
рідини різноманітні, однак основною вимогою є
висока точність виміру, особливо до лічильників і
дозаторів. Зростаючі вимоги до надійності, якості й
економічній ефективності пристроїв контрольно-
вимірювальної техніки найбільшою мірою
задовольняються теплообмінними
вимірювальними перетворювачами, які є простими
по конструкції, економічно вигідними й надійними в
експлуатації

Відомі теплові витратоміри, засновані на
вимірі залежного від витрати ефекту теплового
впливу на потік або тіло, що контактує з потоком
[Кремлівський П. П. Витратоміри і лічильники
кількості. Довідник Л. Машинобудування. Ленінгр.
Відділення, 1989 - 701с., Боровніков Г. Н.,
Новожилов Б. М., Сарафанів В. Г. Безконтактні
витратоміри - М. Машинобудування, 1985 -
128с.] Принцип дії термоанемометричних
витратомірів заснований на залежності від
швидкості (витрати) потоку тепловіддачі
первинного перетворювача (нагрітого тіла),

поміщеного в потік газу (рідше рідини). Як
вимірювана величина, по якій судять про витрату,
служить звичайно або температура
перетворювача при постійній потужності
нагрівання, або потужність, за умови підтримки
постійної температури перетворювача. Відомо
також, що в порівнянні з іншими типами теплових
витратомірів термоанемометричні витратоміри
мають більш високу точність виміру і меншу
інерційність. Однак їх істотним недоліком є
невелика механічна міцність і нестабільність
характеристик, унаслідок чого необхідні їх часті
градування. Останнє пояснюється тим, що у
якості первинного перетворювача або тіла, що
нагрівають, застосовували металеві нитки й
плівки, напівпровідникові опори у формі циліндрів і
бусинок, термопари [Короткое П. А., Беляев Д. В.,
Азімов Р. К. Теплові витратоміри - Л. - д.
Машинобудування, 1969 - 176с.]

Відомий датчик витратоміра, який містить
вимірювальний і компенсаційний терморезистори
[див. опис до авт. св. СРСР №1264004, М. кл.
G01F1/68, від 10.01.85], що розташовані на
пластині обтічного профілю, виконані у виді
металевої форми і покриті захисною плівкою

(19) UA (11) 47865 (13) A

Вимірювальний терморезистор реагує на величину потоку, що обтікає, а компенсаційний коректує показання термоанемометра в залежності від того, як змінюється температура потоку

Описаний вище датчик відрізняється простотою виконання, однак характеристики його не стабільні. Конструкція датчика висуває високу вимогу до точності його розташування щодо контрольованого потоку, наявність порожнини може привести до деформації датчика і, як наслідок, до збільшення погрешності. Конструкція датчика не дозволяє використовувати його в агресивних і вибухонебезпечних середовищах.

Відомий також тепловий витратомір, який містить корпус, у якому розміщені два терморезистора, виконані ідентично і включені в електричну вимірювальну схему [див. опис до патенту РФ №2126956, М кл. G01F1/69, від 08.07.97]. Терморезистор першого перетворювача розташований в основному каналі, виконаному в корпусі, а другого - в горлі завузького елемента у виді труби Вентури. Терморезистори виконані дрововими й розміщені на поверхні тонкостінних металевих трубок.

Тепловий витратомір, виконаний відповідно до описаного вище винаходу, має експлуатаційні можливості більш широкі в порівнянні з відомими аналогічними витратомірами, на порядок більш високу точність, у 8-10 разів більше відношення найменшої і найбільшої меж вимірів витрати, у декілька разів менший час виходу на режим.

Однак описаний вище витратомір не може бути використаний при високих тисках контрольованого середовища, оскільки виконаний на основі тонкостінних металевих трубок (із товщиною стінок 0,05 мм). Він не може бути також використаний для контролю вибухонебезпечних середовищ, тому що корпус перетворювача виконаний не герметичним.

Найбільш близьким до рішення, що заявляється, по призначенню, технічній сутності і результату, що досягається при використанні, є датчик для виміру витрати газу або рідини, який містить корпус з нержавіючої сталі із закритим нижнім кінцем, каркас, виконаний з металу з високим коефіцієнтом теплопровідності, розміщений у нижній частині корпусу, ізоляції, нанесені на каркас і нагрівач [див. опис до патенту РФ №2143667, М кл. G01F1/69, від 10.11.98]. У цьому датчику каркас виконаний з металу з високим коефіцієнтом теплопровідності, причому діаметр каркаса на 0,5 мм менше внутрішнього діаметра корпусу, шари ізоляції виконані з матеріалу з високим коефіцієнтом теплопровідності, а як заповнювач використаний метал. Датчик описаної вище конструкції може здійснити два варіанти роботи. При одному підтримується постійної температура датчика, при другому підтримується постійної різниці температур між середовищем і поверхнею датчика (термопари, що вимірюють температуру датчика й середовища на кресленні не показані).

Тому що тепловий опір датчика запропонованої конструкції менше відомих, то, на

думку заявників, зазначені відомі залежності споживаної датчиком потужності від масової витрати середовища і її температур виконуються з більш високою точністю, ніж при використанні інших датчиків.

Однак оскільки точність виміру температури, що залежить як від датчика температури, так і від вторинного перетворювача, впливає на кінцевий результат, важливо, щоб її вимір виконувався більш надійними засобами. В описаному вище рішенні температуру вимірюють за допомогою термопар, які на фігурі не показані. Однак відомо, що тонкі металеві нитки термопар, знаходячись у безупинному зіткненні з потоком, піддані аеродинамічному навантаженню, а також ударному навантаженню з боку твердих часток у потоці. Вага умов роботи збільшується вібраціями, що виникають через пульсації газового або рідинного потоку. Вібраційне навантаження прискорює руйнування термопар, вносить істотні погрешності у вимір. Крім того, при визначенні споживаної потужності, використовуючи вихідний сигнал нагрівача, необхідно вносити додаткові корекції, зв'язані з нелінійним характером зміни опору нагрівача в залежності від температури, що вносить додаткові погрешності при визначенні витрати вимірюваного середовища або істотно ускладнює пристрої вторинного перетворення.

Тому задачею пропонованого технічного рішення є підвищення точності виміру і стабільності характеристик датчика в сполученні з високою механічною міцністю, а також підвищення точності виміру й стабільності показань шляхом автоматичного усунення залежності вихідного сигналу первинного перетворювача від зміни температури контрольованого середовища.

В основу винаходу поставлена задача поліпшення датчика для виміру витрати газу або рідини, у якому, унаслідок його виконання з додатковим каркасом і двома терморезисторами, які розташовані на порожніх каркасах, розміщених у корпусі, утворення каркасом з терморезистором і нагрівальним елементом нижнього чуттєвого елемента, розташованого в нижній частині корпусу датчика, утворення каркасом з терморезистором верхнього чуттєвого елемента, розташованого у верхній частині корпусу датчика, і заповнення відстані між чуттєвими елементами теплоізоляційним матеріалом, забезпечується рівномірне нагрівання нижнього терморезистора в діапазоні температур, що виключає швидке старіння матеріалу, усунення впливу на його показання інших параметрів середовища, автоматична компенсація зміни температури контрольованого середовища, і за рахунок цього спрощується робота вторинного перетворювача, підвищується точність вимірів і збільшується стабільність показань датчика.

Поставлена задача зважується тим, що у відомому датчику для виміру витрати газу або рідини, який містить корпус з нержавіючої сталі з закритим нижнім кінцем, каркас, виконаний з металу з високим коефіцієнтом теплопровідності, розміщений у нижній частині корпусу, ізоляції, нанесені на каркас, і нагрівальний елемент,

відповідно до винаходу, він містить додатковий каркас і два терморезистори, що розташовані на порожніх каркасах, розміщених у корпусі датчика, при цьому каркас з терморезистором і нагрівальним елементом розташований у нижній частині корпусу датчика й утворює нижній чуттєвий елемент, каркас з терморезистором розташований у верхній частині корпусу датчика й утворює верхній чуттєвий елемент, а відстань між чуттєвими елементами заповнена теплоізоляційним матеріалом.

Відповідно до винаходу, нагрівальний елемент може бути розташований у порожнині каркаса.

Відповідно до винаходу, нагрівальний елемент може бути розташований на зовнішній поверхні каркаса.

Використання порожніх каркасів для терморезисторів і нагрівального елемента дозволяє розмістити чуттєві елементи таким чином, щоб виключити вплив на них інших факторів, крім температури. Поділ чуттєвих елементів у корпусі датчика теплоізолюючим матеріалом зводить практично до нуля вплив нагрівального елемента на показання терморезистора, який дає інформацію про температуру середовища, витрату якого вимірюють.

Як видно з викладу сутності технічного рішення, що заявляється, воно відрізняється від прототипу і, отже, є новим.

Рішення також має винахідницький рівень. Відомі термоанемометри з перетворювачем непрямого нагрівання [Короткое П. А., Беляев Д. В., Азімов Р. К. Теплові витратоміри – Л - д. Машинобудування, 1969 - 176с]. Достойством відомого термоанемометра є стабільність градувальної кривої, можливість її уніфікації, а також висока механічна міцність.

Однак, як зазначено в згаданому джерелі інформації, недоліком є порівняльна складність виготовлення перетворювача малих розмірів, значна інерційність (час установлення $t_{\text{здс}}$ дорівнює 40 - 50сек), зміна умов теплообміну від положення датчика в потоці.

Пропоноване технічне рішення позбавлене, принаймні, двох останніх недоліків, оскільки в якості терморезисторів використані не терморезистори, які виконані з дроту 0,3 - 0,5мм, а обмотки, виконані проводом з діаметром 0,05 мм, наприклад, з платини або міді, розташовані на каркасах, виготовлених із матеріалу з високою теплопровідністю, що забезпечує значно меншу інерційність. Розміщення чуттєвих елементів у єдиному корпусі дозволяє мінімізувати розміри датчика, і тим самим знизити його опір потоку контрольованого середовища, зменшити погрешність виміру.

Крім того, оскільки тимчасова стабільність чуттєвих елементів датчика визначається відносною зміною опорів вимірювальних ланцюгів протягом тривалого часу, поділ вимірювальних і нагрівальних ланцюгів у пропонованому рішенні дозволяє до мінімуму знизити величину вимірювального струму, а отже і перегрів дровових чуттєвих елементів, що забезпечує на порядок

більш високу стабільність характеристик датчика в порівнянні із прототипом протягом тривалого часу й істотно збільшує міжповторний період.

Розміщення в корпусі датчика верхнього чуттєвого елемента, що вимірює температуру потоку контрольованого середовища, дозволяє вносити в розрахунки параметри середовища при конкретній температурі, і тим самим забезпечити точність вимірів до $\pm 1,0\%$ у діапазоні витрат $Q_{\text{max}} > Q_m > 0,2Q_{\text{max}}$ і $2,0\%$ у діапазоні витрат $0,2Q_{\text{max}} > Q_m > Q_{\text{min}}$, де Q_m - масова витрата.

Пропоноване технічне рішення знаходить широке застосування в промисловості для виміру витрати газу або рідини в магістральних трубопроводах.

Фіг 1 Датчик для виміру витрати газу або рідини (у зборі).

Фіг 2 Чуттєвий елемент із нагрівальним елементом у порожнині каркаса.

Фіг 3 Електрична схема первинного перетворювача датчика.

Датчик для виміру витрати газу або рідини (Фіг 1) містить корпус 1 із закритим нижнім кінцем, каркас 2, виконаний, наприклад, з міді, розміщений у нижній частині корпусу і уявляючий собою основу нижнього чуттєвого елемента (НЧЕ). У порожнині каркаса 2 розташована капсула 3, виконана з електроізоляційного матеріалу з високою теплопровідністю, наприклад, із берилієвої кераміки (BeO), у яку поміщений нагрівальний елемент 4. Нагрівальний елемент 4 являє собою низькоомний резистор, наприклад дрововий. Для досягнення максимальної теплопередачі готову капсулу 3 вплавляють у каркас 2 з лудженою внутрішньою поверхнею за допомогою низькотемпературного сплаву, наприклад сплаву Розе, з $T_{\text{пл}} = 93 - 96^\circ\text{C}$. На зовнішній поверхні каркаса 2 розташований дрововий терморезистор 5, виконаний із платини або міді. На каркасі 2 встановлена контактна планка 6, виконана із двостороннього матеріалу, на доріжках якої закріплені виведення нагрівального елемента 4 і терморезистора 5. Другий каркас 7, що є основою верхнього чуттєвого елемента (ВЧЕ), виконаний також із матеріалу з високою теплопровідністю, розташований також у корпусі 1 на відстані від нижнього чуттєвого елемента, що виключає вплив нагрівального елемента 4 на терморезистор 8, який розташований на зовнішній поверхні каркаса 7. Контактна планка 6 проходить усередині каркаса 7, а простір між каркасами 2 і 7 заповнено теплоізолюючим матеріалом, наприклад, фторопластом, компаундом і т.п.

Можливо й інше виконання нижнього чуттєвого елемента (фіг 2). У цьому випадку нагрівальний елемент 9 розташовують на зовнішній поверхні каркаса 2, а терморезистор 10 розміщують на стрижні 11, також виконаному із матеріалу з високою теплопровідністю, наприклад із міді. Зазор між терморезистором і каркасом заповнюють легкоплавким матеріалом, наприклад сплавом Розе, із $T_{\text{пл}} = 93 - 96^\circ\text{C}$.

Верхній і нижній чуттєві елементи складають первинний перетворювач, схема підключення

якого показана на фіг 3. Контакти 12 і 13 відповідають підключенню нагрівального елемента 4 (9), 14 і 15 - терморезистора 5 (10) нижнього чуттєвого елемента, 16, 17 - терморезистора 8 верхнього чуттєвого елемента.

Для підвищення теплопередачі, а отже, і швидкодії датчика верхній і нижній чуттєві елементи піддають мідненню, потім вплавляють у корпус 1, з попередньо лудженою внутрішньою поверхнею, за допомогою низькотемпературного сплаву, наприклад сплаву Вуда, з $T_{пл} = 66 - 70^{\circ}\text{C}$.

Пристрій, що заявляється, придатний для здійснення двох варіантів роботи термоанемометричних витратомірів.

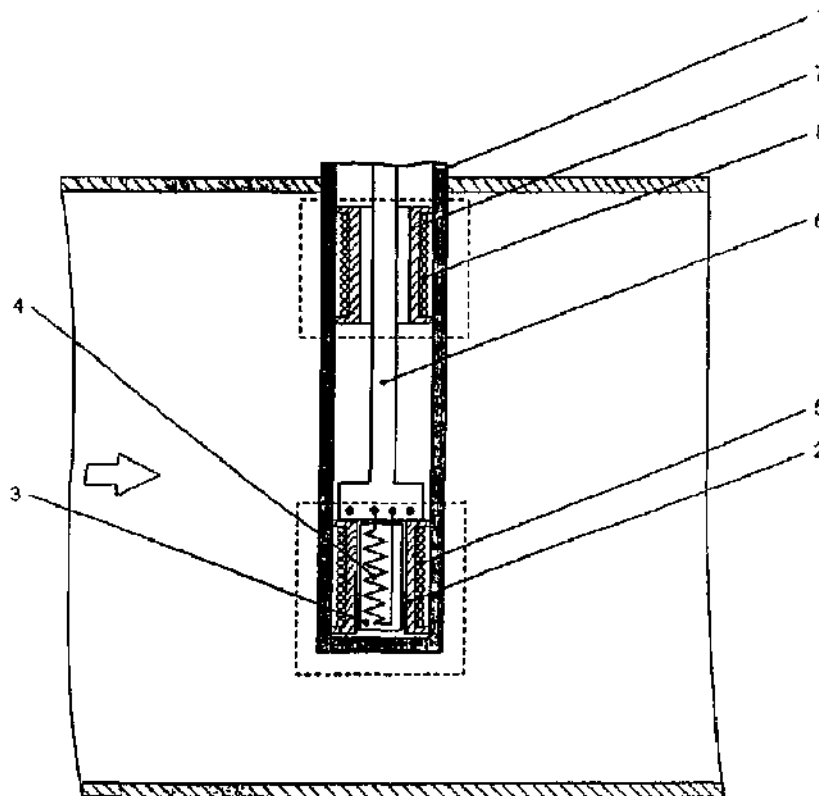
У першому випадку, при підтримці постійної потужності для нагрівання НЧЕ, різниця температур НЧЕ й ВЧЕ залежить від масової витрати, тобто $\Delta T = f(Q_m)$. В другому випадку, при підтримці постійної різниці температур між ВЧЕ і НЧЕ потужність залежить від масової витрати, тобто $W = f(Q_m)$.

Датчик витрати газу або рідини працює в такий спосіб. При включенні електричної вимірювальної схеми через контакти 12 - 17 на терморезистор 5 (10) і терморезистор 8 подають

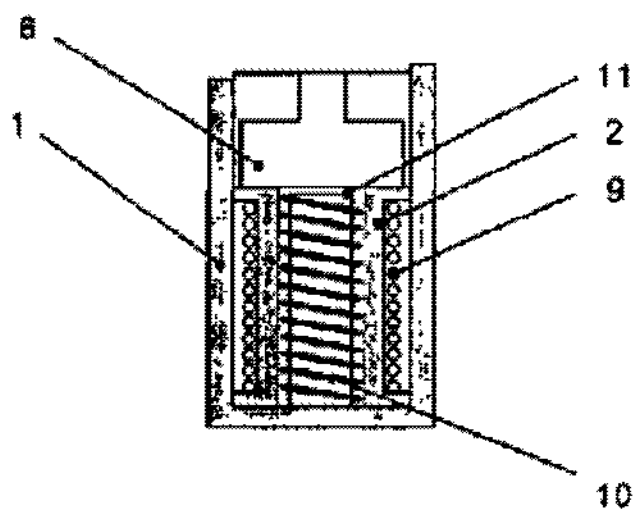
невеликий, що не нагріває їх, електричний струм для виміру їхнього опору. Після включення нагрівального елемента 4 в електричний ланцюг через контакти 12 і 13 фіксують різницю температур між ВЧЕ і НЧЕ. Контрольоване середовище, що рухається, здатне змінювати цю різницю. Вимір витрати здійснюють шляхом або виміру різниці температур між НЧЕ й ВЧЕ, або шляхом визначення потужності нагрівача, що забезпечує постійну різницю температури.

Терморезистори 5 (10) і 8, а також нагрівальний елемент 4 (9) включені в електричну вимірювальну схему, що побудована на базі ЕОМ із забезпеченням корекції величини вихідного електричного сигналу для одержання лінійної залежності електричної потужності від витрати контрольованого середовища.

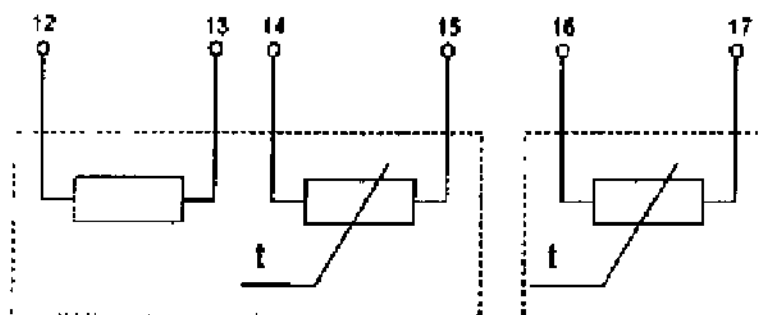
Як видно з викладу сутності і приклада здійснення пропонованого технічного рішення, воно забезпечує підвищення точності виміру й стабільність характеристик датчика. Міцний герметичний корпус датчика дозволяє використовувати його у вибухонебезпечних і агресивних середовищах із високим тиском.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий компет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71