



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40483 (13) A

(51) 7 G01F1/68

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТА ДАТЧИК ШВИДКОСТІ І ВИТРАТ РІДИНИ АБО ГАЗУ

(21) 2001031611

(22) 11.03.2001

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Єгупов Сергій Іванович, Жигун Віталій Якович, Кузнецов Геннадій Васильович, Скрищевський Валерій Антонович, Третяк Олег Васильович, Устилко Володимир Юхимович

(73) Науково-технічна компанія "Універсал", UA

(57) 1. Спосіб визначення швидкості та витрат рідини або газу, що полягає в тому, що пропускають електричний струм через розміщений усередині відрізка трубопроводу термоелектричний датчик, вимірюють напругу на термоелектричному датчику і розраховують швидкість потоку та витрат рідини або газу по вимірюваному значенню напруги, який відрізняється тим, що всередині відрізка труби розміщують захищений від дії потоку допоміжний

аналогічний термоелектричний датчик і вимірюють різницю напруги між основним та допоміжним термоелектричними датчиками при однаковому значенні електричного струму, а оптимальне значення струму при даних зовнішніх умовах визначають по максимальному значенню різниці напруги.

2. Датчик витрат рідини або газу, що включає вимірювальний відрізок трубопроводу з розміщенням усередині трубопроводу термоелектричним датчиком з поверхнею обтікання потоком рідини або газу, який відрізняється тим, що усередині трубопроводу розміщено допоміжний аналогічний термоелектричний датчик, причому поверхня обтікання розміщена на одному з контактів основного термоелектричного датчика, а інший контакт основного датчика і обидва контакти допоміжного термоелектричного датчика розміщені на тепловідводі при температурі рухомого середовища.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для створення лічильників об'ємних витрат рідини або газу.

Відомий спосіб визначення витрат рідини або газу (Пат. США, № 4691566; Пат. України, № 25921), що полягає в тому, що випромінюють джерелом тепла тепловий потік через плинне середовище рідини або газу на розміщений усередині вимірювального відрізка трубопроводу термодатчик, вимірюють температуру термодатчика і розраховують витрати рідини або газу по обмірюваному значенню збільшення температури термодатчика відносно температури плинного середовища. Недоліком способу є суттєвий вплив температури та властивостей плинного середовища на умови проходження теплового потоку від джерела тепла до термодатчика, що вносить додаткову похибку в результати вимірювань.

Відомі датчики витрат рідини або газу (Ас. СРСР, № 114798314; Ас. СРСР, № 1352214; Пат. України, № 19137), що включають вимірювальний відрізок трубопроводу з нагрівачем на вході і двома термодатчиками для фіксації температури плинного середовища на вході і виході вимірювального відрізка. Недоліком таких датчиків є наявність джерела нагріву, що при визначенні витрат рідини або газу по різниці температур на вході і

виході вимірювального відрізка вносить додаткову похибку, обумовлену зміною умов переносу тепла в залежності від температури та властивостей потоку рідини або газу.

Найбільш близьким по суті є спосіб визначення витрат рідини або газу (Пат. України, № 12642), що полягає в тому, що пропускають електричний струм через розміщений усередині вимірювального відрізка трубопроводу термоелектричний датчик з контактними поверхнями різних розмірів, які обтікає потік, вимірюють напругу на термоелектричному датчику і розраховують витрати рідини або газу по визначеному значенню напруги.

До недоліків прототипу слід віднести наявність похибки вимірювань, обумовленої зміною параметрів напівпровідникового термоелектричного датчика теплового потоку при зміні температури рухомого середовища. Визначення оптимального режиму максимальної чутливості при зміні температури і властивостей вимірюваного середовища потребує спеціального градування і додаткових вимірів. При виготовленні обтічних контактних поверхонь спеціальної форми важко забезпечити однакові умови переносу тепла в залежності від зовнішніх умов і від зразка до зразка.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу вимірювання та датчика швидкості

(19) UA (11) 40483 (13) A

та витрат рідини або газу, в якому шляхом введення допоміжного термоелектричного датчика компенсувати температурні зміни параметрів термоелектричних датчиків та визначити оптимальний режим вимірювань, і за рахунок цього забезпечити підвищення точності та чутливості вимірювань в широкому інтервалі температур та об'ємів витрат рідини або газу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі за винаходом вимірювання швидкості та витрат рідини або газу, який полягає в тому, що пропускають електричний струм через розміщений усередині відрізу трубопроводу термоелектричний датчик, вимірюють напругу на термоелектричному датчику і розраховують швидкість потоку та витрат рідини або газу по вимірюваному значенню напруги, згідно з винаходом, всередині відрізу трубопроводу розміщують захищений від дії потоку допоміжний аналогічний термоелектричний датчик і вимірюють різницю напруги між основним та додатковим термоелектричними датчиками при однаковому значенні електричного струму, а оптимальне значення струму при даних зовнішніх умовах визначають по максимальному значенню різниці напруги.

Поставлена задача вирішується також тим, що в датчику швидкості та витрат рідини або газу за винаходом, що містить вимірювальний відрізок трубопроводу з розміщенням усередині трубопроводу термоелектричним датчиком з поверхнею обтікання потоком рідини або газу, згідно з винаходом, всередині трубопроводу розміщено допоміжний аналогічний термоелектричний датчик, причому поверхня обтікання розміщена на одному з контактів основного датчика, а інший контакт основного термоелектричного датчика і обидва контакти допоміжного термоелектричного датчика розміщені на тепловідводі при температурі рухомого середовища. Саме наявність в вимірювальному відрізку трубопроводу допоміжного термоелектричного датчика, що дає змогу компенсувати температурні зміни параметрів датчиків і визначити оптимальний режим вимірювань, дозволяє зробити висновок, що запропоновані у винаході спосіб вимірювань та датчик швидкості та витрат рідини або газу пов'язані між собою єдиним винахідницьким задумом.

Технічний результат в способі вимірювання за винаходом досягається наступним чином: через два розміщені в вимірювальному відрізку трубопроводу термоелектричні напівпровідникові датчики пропускається однаковий постійний електричний струм і вимірюється різниця напруги між ними. При пропусканні постійного електричного струму через напівпровідниковий термоелектричний датчик один з контактів (спаїв) нагрівається, а інший охолоджується в результаті термоелектричного ефекту Пельтьє.

В основному термоелектричному датчику один з контактів (наприклад, холодний спай) за рахунок інтенсивного тепловідводу підтримують при температурі оточуючого середовища, а температура іншого контакту (гарячого спаю) з поверхнею обтікання визначається умовами термодинамічної рівноваги між термоелектричним датчиком і вимірюваним середовищем. Падіння напруги на основному термоелектричному датчику визначається

величиною струму, температурою вимірюваного середовища та зміною температури гарячого контакту під дією потоку рідини або газу. В допоміжному термоелектричному датчику обидва контакти (спаї) за рахунок інтенсивного тепловідводу підтримуються при температурі вимірюваного середовища. Падіння напруги на допоміжному термоелектричному датчику визначається лише величиною струму та температурою рухомого середовища і не залежить від швидкості потоку і витрат рідини або газу.

Фіксація різниці напруги між основним і допоміжним термоелектричними датчиками дозволяє компенсувати температурні зміни параметрів датчиків при зміні температури рухомого середовища. Різниця падіння напруги між основним та додатковим термоелектричними датчиками пропорційна кількості тепла, що вноситься з поверхні обтікання гарячого контакту основного датчика, тобто визначається швидкістю потоку рідини або газу. Різниця падіння напруги між основним та допоміжним датчиками залежить від величини протікаючого струму і є максимальною при його оптимальному значенні, що відповідає режиму максимальної чутливості для використовуваного типу датчиків.

Досягнення результату підтверджується наступними розрахунками. В умовах теплового балансу теплота, що надходить на поверхню обтікання гарячого контакту основного датчика в результаті термоелектричного ефекту -  $Q_n$ , та Джоулевого розігріву  $Q_J$  компенсується відбором теплоти за рахунок рухомого середовища  $Q_0$  та теплопровідності датчика  $Q_x$ :

$$-Q_n + \frac{1}{2}Q_J + Q_x + Q_0 = 0,$$

де  $Q_n = \alpha_{12}IT_0$ ;  $Q_J = I^2R$ ;  $Q_x = \chi(T - T_0)$ ;  $Q_0 = \alpha^*S_k(T - T_0)$ ;  $I$  - струм через датчик;  $\alpha_{12}$  - термоелектрорушійна сила датчика;  $\chi$  - теплопровідність датчика;  $R$  - електричний опір датчика;  $T$  - температура робочого контакту,  $T_0$  - температура рухомого середовища. В ламінарному режимі:  $\alpha^* = v_0 c_p \rho$ ;  $\alpha^*$  - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією,  $c_p$  - питома теплоємність рухомого середовища,  $v_0$  - швидкість руху потоку рідини або газу,  $\rho$  - густина рідини або газу,  $S_k$  - площа поверхні знімання тепла. Падіння напруги  $V$  на основному термоелектричному датчику визначається опором напівпровідникового матеріалу і протидією термоелектрорушійної сили, а на допоміжному термоелектричному датчику  $V_0$  лише електричним опором:

$$V = IR + \alpha_{12}(T - T_0); V_0 = IR; \quad (2)$$

На фіг. 1 зображена залежність різниці напруги  $\Delta V = V - V_0$  між основним та допоміжним термоелектричними датчиками від величини струму, що через них проходить. Розрахунок проведено для датчиків на основі  $Bi_2Te_3$  з параметрами:  $\alpha_{12} = 0,00034 \text{ В/}^\circ\text{C}$ ;  $\chi = 0,00338 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ ;  $R = 0,02 \text{ Ом}$ . Максимальна різниця напруги  $\Delta V$  і відповідно максимальна чутливість датчика досягається при оптимальному значенні струму  $I_0$ , що не залежить від величини теплоти  $Q_0$  і відповідає режиму максимальної холодопродуктивності термоелектричного датчика:

$$I_0 = \frac{\alpha_{12}}{R} T_0 \quad (3)$$

В оптимальному режимі різниця напруги  $\Delta V$  між основним та допоміжним датчиками зменшу-

ється пропорційно величині теплового потоку  $Q_0$ , то відбирається рухомим середовищем:

$$\Delta V = \frac{\alpha_{12}}{\chi} \left( \frac{\chi Z}{2} T_0^2 - Q_0 \right) \quad (4)$$

де  $Z = \frac{\alpha_{12}^2}{\chi R}$  - термоелектрична ефективність матеріалу датчика. Температура  $T_0$  рухомого середовища контролюють значенням оптимального струму  $I_0$  (3) або оптимальної напруги  $V_0 = \alpha_{12} T_0$  на допоміжному датчику. Величина теплового потоку  $Q_0$  пропорційна об'єму витрат та швидкості рухомого середовища, які згідно обумовлених режимом руху рідини або газу відомих величин гідродинамічних критеріїв подібності розраховують по експериментальним значенням коефіцієнту теплопередачі  $\alpha^*$ :

$$\alpha^* = \frac{\chi}{S_k} \left( \frac{z V_0^2}{2 \alpha_{12} \Delta V} - 1 \right) \quad (5)$$

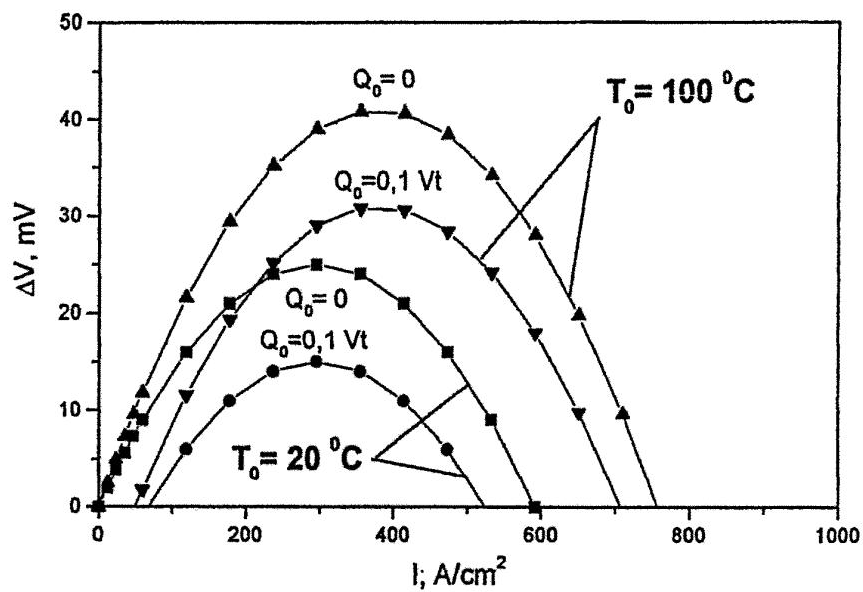
Спосіб за винаходом реалізовано в датчику швидкості та витрат рідини або газу. На фіг. 2 зображено загальний вигляд датчика. Датчик швидкості та витрат рідини або газу включає вимірювальний відрізок трубопроводу 1, основний термоелектричний датчик 2 з поверхнею обтікання 3 робочого контакту і теплоізоляцією 4 робочого контакту, допоміжного термоелектричного датчика 5, тепловідводу 6 для забезпечення інтенсивного теплообміну тильного контакту датчика 2 та обох контактів датчика 5 з рухомим середовищем.

Датчик швидкості та витрат рідини або газу працює наступним чином. Через основний 2 та допоміжний 5 термоелектричні датчики проходить однаковий струм, що обумовлює нагрів поверхні обтікання 3 робочого контакту основного датчика 2 вище температури рухомого середовища. Вимірюваний потік рідини чи газу проходить усередині вимірювального відрізка трубопроводу 1, відбираючи тепло пропорційно швидкості потоку з поверх-

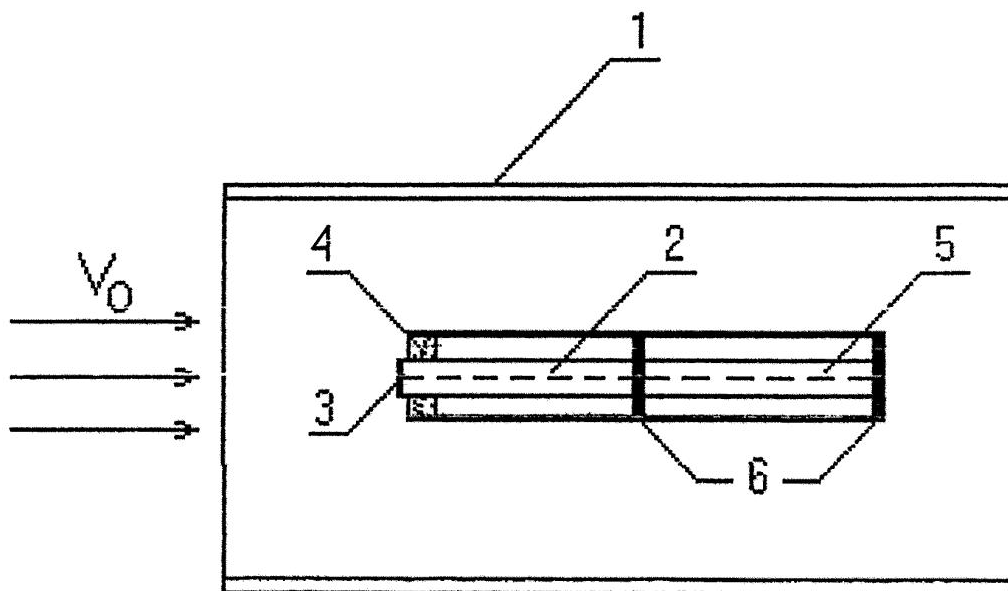
ні обтікання 3 робочого контакту основного термоелектричного датчика 2. Відбирання тепла призводить до зниження температури робочого гарячого контакту, обумовлюючи зміну термоелектро рушійної сили і відповідно падіння напруги на датчику 2. При цьому теплоізоляція 4 захищає робочий контакт від дії побічних теплових потоків, а тепловідвід 6 забезпечує температуру холодного контакту основного датчика 2 і допоміжного датчика рівною температурі рухомого середовища. Різниця падіння напруги між основним 2 та допоміжним 5 термоелектричними датчиками не залежить від температурних змін параметрів датчиків і є пропорційною величині підібраної рухомим середовищем теплоти і відповідно швидкості рідини або газу. Режим максимальної чутливості датчика швидкості та витрат рідини або газу визначається по максимуму в залежності різниці падіння напруги між основним 2 та допоміжним 5 термоелектричними датчиками від протікаючого струму. Налаштування на тип рухомого середовища здійснюється зміною ефективної площі поверхні обтікання 3 або зміною кута її орієнтації відносно потоку рідини або газу.

Згідно з винаходом був виготовлений експериментальний зразок заявленого датчика швидкості та витрат рідини або газу на основі термоелектричних елементів із  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  для вимірювань швидкості та витрат води. Запропоновані в даному винаході компенсація температурних змін параметрів термоелектричних елементів та вибір режиму максимальної чутливості забезпечували підвищення точності вимірювань до 0,2-0,5% в інтервалі швидкостей потоку води  $v_0 = 0,1-15$  м/с та температур  $T = 0-100^\circ\text{C}$ .

Таким чином, спосіб вимірювань і датчик швидкості та витрат рідини або газу, згідно з винаходом, вирішують завдання підвищення точності та чутливості вимірювань в широкому інтервалі температур та об'ємів витрат рідини або газу.



Фіг. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22