



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102118** (13) **C2**
(51) МПК
G01P 5/10 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2011 05627	(72) Винахідник(и):	Кліменко Олександр Вікторович (UA), Кузьмін Костянтин Олександрович (UA), Дмітрисв Олег Федорович (UA)
(22) Дата подання заявки:	04.05.2011	(73) Власник(и):	МОРСЬКИЙ ГІДРОФІЗИЧНИЙ ІНСТИТУТ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Капітанська, 2, м. Севастополь, 99000, Україна (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.06.2013	(74) Представник:	Фоміна Ганна Георгіївна, зав. відділом інтелектуальної власності МГІ НАН України
(41) Публікація відомостей про заяву:	12.11.2012, Бюл.№ 21	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	JP 01250073 A, 05.10.1989. CN 1670488 A, 21.09.2005. JP 60247171 A, 06.12.1985. JP 63265171 A, 01.11.1988. US 4885937 A, 12.12.1989 US 3956932 A, 18.05.1976. JP 05040127 A, 19.02.1993. SU 712761 A1, 30.01.1980. UA 86239 C2, 10.04.2009. UA 49049 C2, 16.09.2002. US 4856330 A, 15.08.1989. US 3995480 A, 07.12.1976.
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.06.2013, Бюл.№ 11		

(54) ТЕРМОАНОМЕТРИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ І НАПРЯМКУ ПОТОКУ РІДИНИ АБО ГАЗУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до термоанометричних засобів вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини або газу і може бути застосований при дослідженні різних середовищ, у тому числі агресивних, в будь-яких водоймах і в атмосфері. Технічний результат кожного з винаходів, які входять в заявлену групу - підвищення чутливості. При цьому забезпечується значне зниження енерговитрат на виміри. Суть винаходу-способу: використовують розташовані в робочій зоні вимірювача у двох ортогональних площинах дві пари датчиків температури, які підігріваються, і обчислюють різницю значень температур датчиків в кожній парі, вимірюють температуру потоку розташованим в робочій зоні датчиком, який не підігрівається, визначають швидкість потоку по різниці середньоарифметичного значення температур чотирьох датчиків температури, які підігріваються, і значення температури датчика, який не підігрівається, і визначають напрям потоку α в вибраній щодо площин розташування пар датчиків системі координат за виразом. Суть винаходу-пристрою: термоанометричний вимірювач швидкості і напрямку потоку рідини або газу містить закріплений в приладі (2) корпус (1), який має контакт з потоком, виконаний у вигляді тонкостінного полого циліндра з теплопровідного матеріалу, наповнений заповнювачем

UA 102118 C2

(3) у вигляді теплоізоляційного матеріалу або повітря і закритий кришкою (10), яка виконана куполоподібною з теплоізоляційного матеріалу. Розташовані в робочій зоні вимірювача в поперечній площині корпусу (1) у двох ортогональних площинах дві пари датчиків температури, які підігріваються (4, 6 і 5, 7), які мають безпосередній тепловий контакт з внутрішньою стінкою корпусу (1), і виводи яких підключені до вимірювального блока приладу. Нагрівач (8), який має безпосередній тепловий контакт з корпусом (1). Закріплений на осі кришки (9) розташований в робочій зоні датчик температури, який не підігрівається (10), має безпосередній контакт з потоком, і вивід якого підключений до вимірювального блока приладу.

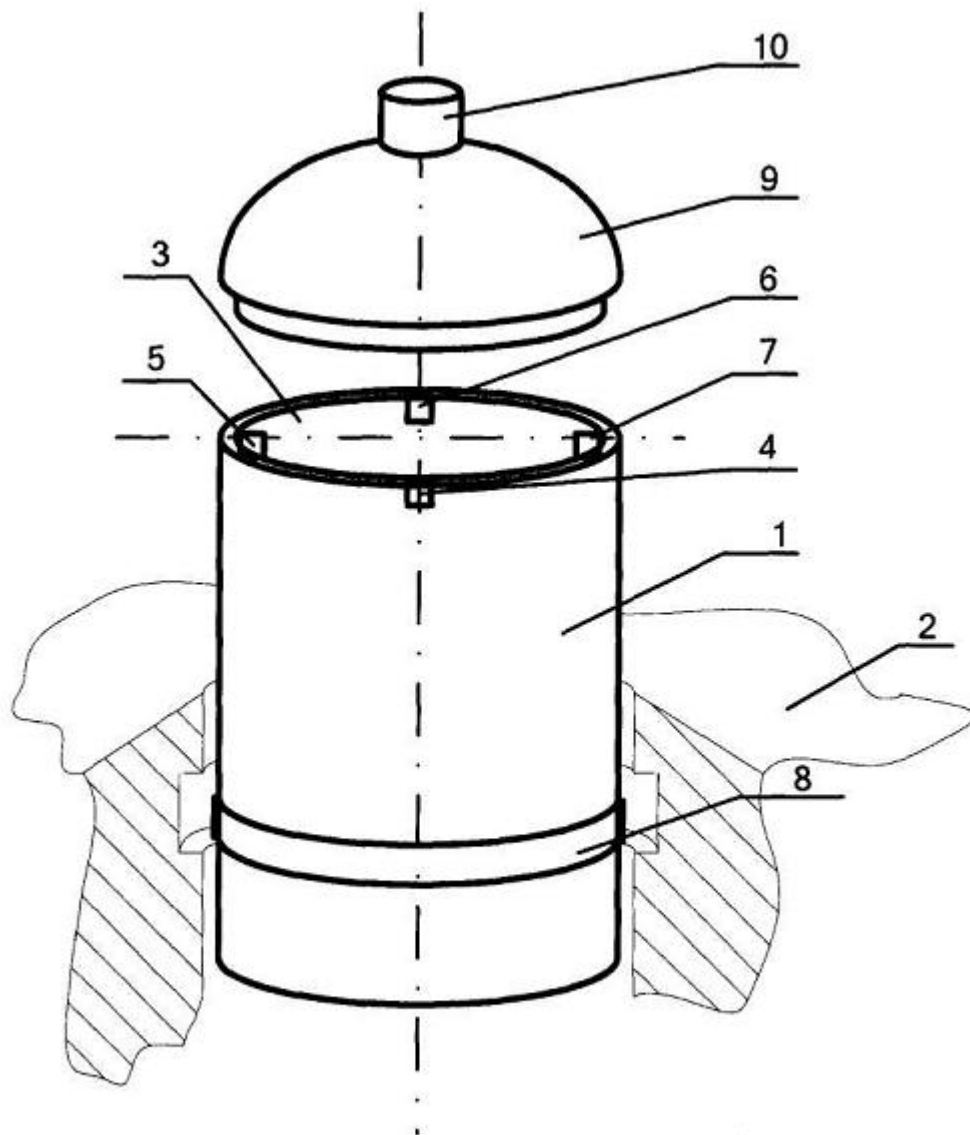


Fig. 1

Винахід належить до термоанемометричних засобів вимірювання швидкості і напрямку потоку рідини або газу і може бути застосований при дослідженні різних середовищ, у тому числі агресивних, в будь-яких водоймах і в атмосфері.

Відомий апарат для вимірювання швидкості і напрямку текучих середовищ [Fluid speed or direction measuring apparatus. Inventors: Honda; Hideyuki (Kyoto, JP), Kawasaki; Koichi (Tokyo, JP), Sato; Hiroshi (Machida, JP). Assignee: Honda Engineering Co., Ltd. (Osaka, JP). Tokyo Denshi Yakin Co., Ltd. (Kanagawa, JP). Appl. No.: 07/039, 198. Filed: April 16, 1987], в якому як термочутливий елемент використаний монокристал германію. Цей датчик має недостатню чутливість через наявність обертової системи, без якої неможливо виявити площину, в якій лежить вектор швидкості та осі датчика. Крім того, цьому аналогу властива недостатня інформативність через наявність «затіненої ділянки», що обмежує визначення напрямку потоку від 180 до 360°, тобто, апарат дозволяє визначати напрям і швидкість середовища тільки в півсфері значень.

Відомий тепловий датчик для вимірювання напрямку океанічного потоку [Патент USA № 3995480, кл. G 01 P 5/10, опубл. 07.12.1976], що характеризується наступними ознаками. Він містить тонкостінний порожнистий корпус круглого перетину, який виконаний з некородуючого протиобростаючого матеріалу і має хорошу передачу тепла. Датчик має безліч близькорозташованих тонкоплівкових чутливих термоелементів, сформованих і вирівняних на внутрішній стінці корпусу, при цьому елементи розміщені по всій висоті та по всьому діаметру корпусу. Термоелементи (датчики температури) утворюють пари, які на 180° протилежні один одному і підключені до скануючого пристрою і компаратору вимірювального блока. У центрі корпусу встановлений дротяний нагрівач для рівномірної передачі тепла по всьому корпусу. Простір між нагрівачем і термоелементами повністю заповнено теплопровідним матеріалом - срібною пастою. Наповнений заповнювачем корпус закритий кришкою і закріплений у вимірювальному приладі.

Цей аналог за сукупністю ознак найближче підходить до заявленого технічного вирішення і тому вибраний як прототип для кожного з винаходів, які входять в заявлену групу.

Заявлений спосіб має наступні спільні з прототипом ознаки: використовують розташовані в робочій зоні в заданих площинах пари датчиків температури, які підігріваються, і обчислюють різницю значень температур датчиків в кожній парі. Заявлений пристрій характеризується такими загальними з прототипом ознаками: закріплений в приладі корпус, який має контакт з потоком, виконаний у вигляді тонкостінного полого циліндра з теплопровідного матеріалу, наповнений заповнювачем і закритий кришкою, розташовані в робочій зоні пари датчиків температури, які підігріваються, і які мають безпосередній теплової контакт з внутрішньою стінкою корпусу, і виводи яких підключені до вимірювального блока приладу, і нагрівач.

В основі роботи прототипу лежить вимірювання температури кожного з чутливих елементів і порівняння змін температури, щоб таким чином виявити дві критичні точки в шарі, що межує з рідиною, оточуючої сферичний корпус. Критичні точки завжди прив'язані до напрямку течії рідини. Безліч близькорозташованих термоелементів служать для виявлення градієнта температури навколо корпусу, викликаного переходом ламінарного в турбулентний потік і градієнтом швидкості рідини, що протікає поблизу. Так визначається напрям і швидкість течії.

Закладений у прототипі принцип визначення напрямку і швидкості течії на основі виявлення двох критичних точок в обтічному шарі обумовлює недостатню чутливість прототипу, не вище 1°, оскільки залежить від кількості встановлених датчиків - в даному випадку 360 штук. При зазначених мінімальних розмірах циліндра 0,5 дюйма, щільність розташування датчиків складе, приблизно, 10 штук на 1 мм, що є складною технологічною задачею. Подальше збільшення кількості термодатчиків призведе до суттєвого збільшення габаритів датчика, ускладнення пристрою і зниження його надійності. Крім того, теплопровідній пасті практично завжди властива деяка неоднорідність, яка може призвести до аномальних перегрівів поверхні циліндра і, відповідно, до збільшення похибки вимірювання напрямку потоку.

В основу винаходу поставлено задачу створення термоанемометричного способу визначення швидкості і напрямку потоку рідини або газу та пристрою для його здійснення, у яких сукупності їх відмітних ознак обумовлюють досягнення єдиного технічного результату - підвищення чутливості вимірювань.

Поставлена задача вирішується тим, що у винаході-способі термоанемометричного визначення швидкості і напрямку потоку рідини або газу, який полягає в тому, що використовують розташовані в робочій зоні в заданих площинах пари датчиків температури, які підігріваються, і обчислюють різницю значень температур датчиків в кожній парі, новим є те, що використовують дві пари датчиків, які підігріваються, і додатково вимірюють температуру потоку розташованим в робочій зоні датчиком температури, який не підігрівається, визначають швидкість потоку по різниці середньоарифметичного значення температури чотирьох датчиків,

які підігрівуються, і значення температури датчика, який не підігрівається, і визначають напрям потоку α в вибраній щодо плоскостей розташування пар датчиків системі координат за виразом

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\Delta T_1}{\sqrt{\Delta T_1^2 + \Delta T_2^2}}\right); \quad (1)$$

при $\Delta T_2 > 0$, $\alpha = 0^\circ - 180^\circ$;

5 при $\Delta T_2 < 0$, $\alpha = 180^\circ - 360^\circ$;

де $\Delta T_1 = T_1 - T_2$; $\Delta T_2 = T_3 - T_4$;

T_1 , T_2 та T_3 , T_4 - значення температур датчиків, які підігрівуються, відповідно в першій і другій парах.

Задача винаходу вирішується також тим, що у винаході-вимірнику швидкості та напрямку потоку рідини або газу, що містить закріплений в приладі корпус, який має контакт з потоком, виконаний у вигляді тонкостінного полого циліндра з теплопровідного матеріалу, наповнений заповнювачем і закритий кришкою, розташовані в робочій зоні пари датчиків температури, які підігрівуються, і які мають безпосередній тепловий контакт з внутрішньою стінкою корпусу, і виводи яких підключені до вимірювального блока приладу, і нагрівач, новим є те, що вимірювач містить дві пари датчиків температури, які підігрівуються, розташованих в поперечній площині корпусу в двох ортогональних площинах, і розташований в робочій зоні датчик температури, який не підігрівається, і який має безпосередній контакт з потоком, вивід якого підключений до вимірювального блока приладу, і який закріплений на осі кришки, яка виконана куполоподібною з теплоізоляційного матеріалу, при цьому нагрівач має безпосередній тепловий контакт з корпусом, а заповнювачем є теплоізоляційний матеріал або повітря.

Суть винаходу пояснюється за допомогою креслень, на яких зображено: фіг. 1 - загальний вигляд заявленого вимірювача з підведеною кришкою; фіг. 2 - діаграми спрямованості чотирьох датчиків температури, які підігрівуються, та відповідні їм значення температур в залежності від напрямку потоку V (креслень а, б, в, г); фіг. 3 - залежність напрямку потоку α від різниці температур датчиків в першій і другій парах; фіг. 4 - залежність різниці температур датчиків в першій і другій парах від напрямку потоку α .

Заявлений термоанемометричний датчик швидкості і напрямку потоку (фіг. 1) містить виконаний, наприклад, з алюмінію або міді тонкостінний корпус 1 у вигляді циліндра, який контактує з досліджуванним потоком, посадочне місце якого встановлено в корпус 2 вимірювального приладу. Порожнина корпусу 1 наповнена теплоізоляційним заповнювачем 3, в якості якого в даному випадку використаний жорсткий пінопласт для створення жорсткості корпусу. У заданій поперечній площині корпусу 1, тобто в робочій зоні вимірника, в двох ортогональних площинах розташовані дві пари датчиків температури 4-7, які мають безпосередній тепловий контакт з внутрішньою стінкою корпусу 1. Виводи датчиків 4-7 підключені до вимірювального блока приладу. У даному випадку датчики температури 4-7 закріплені в заповнювачі 3 та їх контактні поверхні технологічно доопрацьовані під поверхню внутрішньої стінки циліндра 1. Вимірювач містить нагрівач 8, який безпосередньо встановлений на корпусі 1 в його частині, встановленої в прилад. У даному випадку нагрівач 8 виконаний у вигляді дротяного намотування. Циліндр 1 закритий кришкою 9, яка виконана куполоподібною для ослаблення паразитної траєкторії через кришку, що призводить до збільшення різниці температур в парах підігрівних датчиків 4, 6 та 5, 7, а, отже, до збільшення чутливості. З цією ж метою та для виключення температурного шунтування датчиків 4-7 кришка 9 виготовлена з теплоізоляційного матеріалу, наприклад, з пластмаси або оргскла. У центрі кришки 9 встановлений датчик 10 температури, який контактує з досліджуванним потоком і, вивід якого підключений до вимірювального блока приладу. Для зменшення просторової помилки датчик 10 розташований в безпосередній близькості від датчиків 4-7 і, крім того, він додатково послаблює паразитний потік через кришку 9.

Пристрій працює наступним чином. Нагрітий нагрівачем 8 корпус 1 при обтіканні його потоком, наприклад, рідини, охолоджується, при цьому фронтальна поверхня корпусу охолоджується інтенсивніше в порівнянні з його екраніруемой тильною частиною. Нерівномірність охолодження робочої зони корпусу 1, що залежить від швидкості та напрямку потоку, фіксується парами протилежних датчиків температури 4, 6 і 5, 7 - позначимо значення температур датчиків в цих парах відповідно T_1 , T_2 і T_3 , T_4 (фіг. 2). Температура навколишнього середовища фіксується датчиком температури 10 - позначимо значення температур цього датчика як T_5 (на кресленнях не показаний).

Заявлений спосіб здійснюють наступним чином.

Для визначення швидкості потоку фіксують значення T_1, T_2, T_3, T_4 (фіг. 2) температури корпусу 1 відповідно датчиками 4, 6, 5, 7 і значення T_5 температури середовища, що оточує корпус 1, датчиком 10, який не підігрівається. Різниця між середньоарифметичним значенням температур T_1, T_2, T_3, T_4 і температурою T_5 є інформативним параметром, необхідним для обчислення швидкості V оточуючого потоку, причому, чим вище швидкість обтікання, тим менше ця різниця

$$V = f\left(\frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} - T_5\right). \quad (2)$$

Принцип визначення напрямку потоку заснований на різниці температур корпусу 1, вимірної парами протилежних датчиків: 4, 6 і 5, 7. Позначимо різницю температур датчиків 4 і 6 першої пари як ΔT_1 , а різницю температур датчиків 5 і 7 другої пари як ΔT_2 , тобто, $\Delta T_1 = T_1 - T_2$; $\Delta T_2 = T_3 - T_4$.

Для завдання різних кутів обтікання вимірювач поміщають в потік рідини, що задаються, наприклад, гідролотком. Вибирають напрям, що проходить через одну з пар підігрівних датчиків, наприклад, через пару датчиків 4 і 6, в якості нульового і, обертаючи вимірювач навколо власної осі, задають кут обтікання вимірювача.

Для вимірювання напрямку потоку φ в абсолютних географічних координатах вимірювач необхідно додатково забезпечити компасом для поточного вимірювання орієнтації осі вимірювача в просторі

$$\varphi = 360^\circ - \alpha - \beta, \quad (3)$$

де α - кут обтікання вимірювача;

β - кут між нульовою віссю вимірювача і напрямом на північ.

На фіг. 2 представлені діаграми спрямованості датчиків температури 4, 5, 6, 7, які підігріваються. Відповідні вектори $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ чисельно рівні значень температур цих датчиків і залежать від напрямку потоку V (креслення а, б, в, г). Стрілки вказують напрямки потоку. На цих кресленнях видно, що певним напрямом потоку V відповідають певні значення T_1, T_2, T_3, T_4 температур датчиків 4, 6, 5, 7 відповідно до їх діаграм спрямованості.

Для визначення напрямку потоку як інформативний параметр використовують різницю температур, вимірних протилежними датчиками, тобто, парою датчиків 4, 6 і парою датчиків 5, 7. За нульовий напрям потоку візьмемо, наприклад, вісь, що проходить через першу пару датчиків 4 і 6, яким відповідає різниця температур $\Delta T_1 = T_1 - T_2$.

На фіг. 3 представлена залежність напрямку потоку α від різниці ΔT_1 температур першої пари датчиків і від різниці ΔT_2 температур другої пари датчиків. Відрізок ОА чисельно дорівнює різниці ΔT_1 температур, вимірних термодатчиками 4 і 6 першої пари, відрізок ОВ чисельно дорівнює різниці ΔT_2 температур, вимірних термодатчиками 5 і 7 другої пари, звідки напрям α потоку буде описуватися виразом (1):

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\Delta T_1}{\sqrt{\Delta T_1^2 + \Delta T_2^2}}\right); \quad (1)$$

при $\Delta T_2 > 0, \alpha = 0^\circ - 180^\circ$;

при $\Delta T_2 < 0, \alpha = 180^\circ - 360^\circ$;

Діаграми спрямованості першої та другої пар датчиків носять косінусний характер і представлені на фіг. 4: відрізок ОА відповідає $\Delta T_1 = T_1 - T_2$, а відрізок ОВ відповідає $\Delta T_2 = T_3 - T_4$.

Заявником був виготовлений макетний зразок вимірювача з наступними лінійними розмірами корпусу 1: діаметр - 16 мм, довжина - 12 мм; довжина частини, що знаходиться в контакті з досліджуванним потоком, становить 3,5 мм.

Як датчики 4-7 використані терморезистивні датчики HEL 700, опором 1000 Ом (при 0°C). Потужність нагрівача 8 становить 0,7 Вт.

Заявлена група винаходів забезпечує підвищення чутливості вимірювань, а також значне зниження енерговитрат завдяки безпосередньому тепловому контакту нагрівача і корпусу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Термоанемометричний спосіб визначення швидкості і напрямку потоку рідини або газу, який полягає в тому, що використовують розташовані в робочій зоні в заданих площинах пари датчиків температури, які підігріваються, і обчислюють різницю значень температур датчиків в кожній парі, який **відрізняється** тим, що використовують дві пари датчиків, які підігріваються, і

додатково вимірюють температуру потоку розташованим в робочій зоні датчиком, який не підігрівається, визначають швидкість потоку по різниці середньоарифметичного значення температури чотирьох датчиків, які підігріваються, і значення температури датчика, який не підігрівається, і визначають напрям потоку α в вибраній щодо плоскостей розташування пар датчиків системі координат за виразом

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\Delta T_1}{\sqrt{\Delta T_1^2 + \Delta T_2^2}}\right);$$

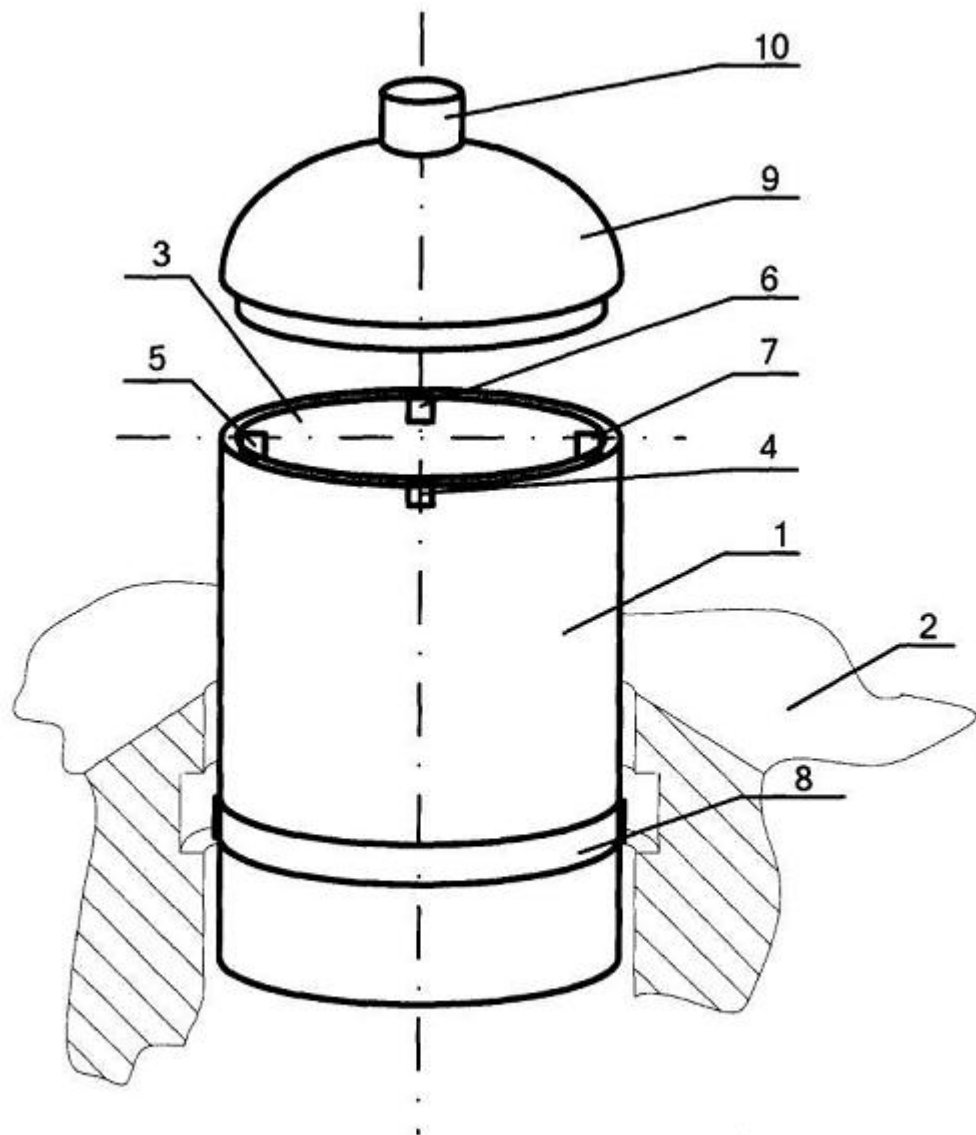
при $\Delta T_2 > 0$, $\alpha = 0^\circ - 180^\circ$;

при $\Delta T_2 < 0$, $\alpha = 180^\circ - 360^\circ$;

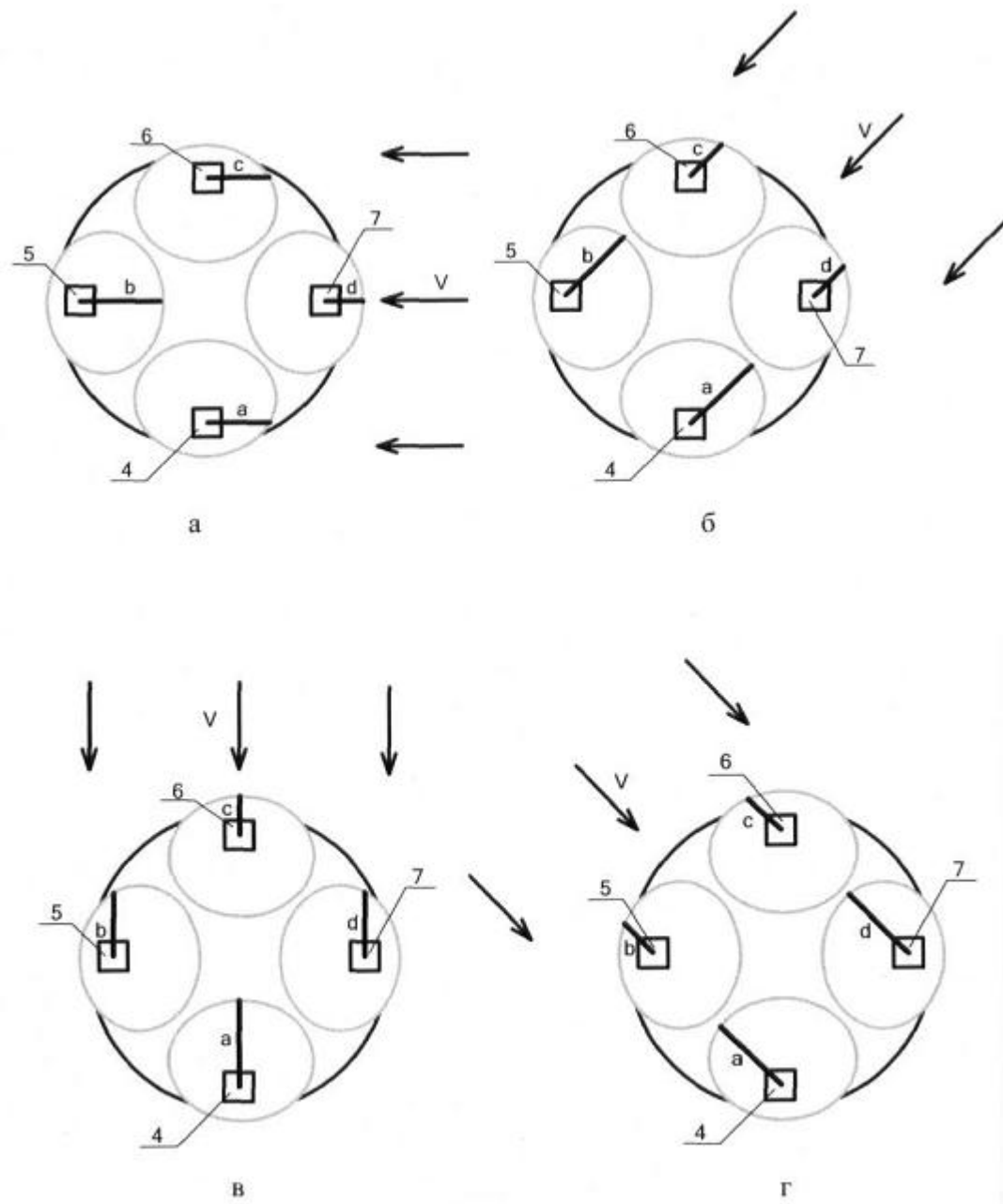
де $\Delta T_1 = T_1 - T_2$; $\Delta T_2 = T_3 - T_4$;

- 10 T_1 , T_2 та T_3 , T_4 - значення температур датчиків, які підігріваються, відповідно в першій і другій парах.

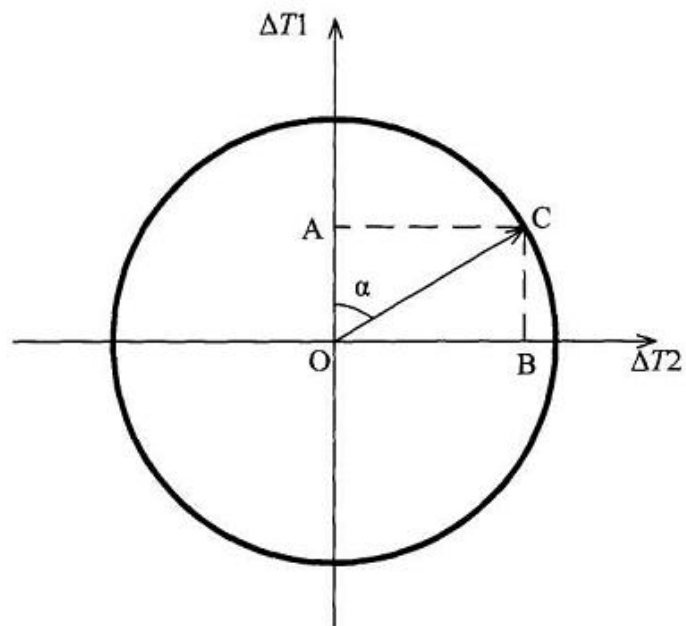
- 15 2. Термоанемометричний вимірювач швидкості і напрямку потоку рідини або газу, що містить закріплений в приладі корпус, який має контакт з потоком, виконаний у вигляді тонкостінного полого циліндра з теплопровідного матеріалу, наповнений заповнювачем і закритий кришкою,
- 20 розташовані в робочій зоні пари датчиків температури, які підігріваються, і які мають безпосередній тепловий контакт з внутрішньою стінкою корпусу, і виводи яких підключені до вимірювального блока приладу, і нагрівач, який **відрізняється** тим, що містить дві пари датчиків температури, які підігріваються, розташованих в поперечній площині корпусу в двох ортогональних площинах, і розташований в робочій зоні датчик температури, який не підігрівається, і який має безпосередній контакт з потоком, вивід якого підключений до вимірювального блока приладу, і який закріплений на осі кришки, яка виконана куполоподібною з теплоізоляційного матеріалу, при цьому нагрівач має безпосередній тепловий контакт з корпусом, а заповнювачем є теплоізоляційний матеріал або повітря.



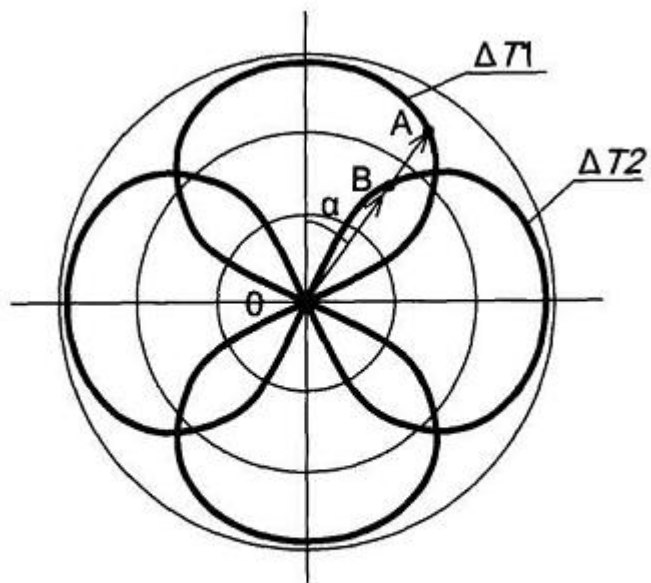
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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