



УКРАЇНА

(19) UA (11) 49049 (13) C2

(51) G 01P 5/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ

1

2

(21) 99063144

(22) 08 06 1999

(24) 16 09 2002

(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р

(72) Гайський Віталій Олександрович, Гайський Павло Віталійович

(73) Морський гідрофізичний інститут Національної академії наук України

(56) Фомин Л. М., Кушнир В. М., Титов В. Б. Измерение океанских течений - М. Наука, 1989

(57) Спосіб визначення швидкості потоку, оснований на використанні двох датчиків температури, встановлених в потоці, який відрізняється тим, що використовують датчики з однаковими конструктивними розмірами та різними параметрами термічної інерції T_1 і T_2 за рахунок різної теплоємності m_1c_1 й m_2c_2 , причому $m_2c_2 = k_1m_1c_1$, опитують виходи датчиків, одержують ряди відліків температури $\theta_1(t)$ і $\theta_2(t)$ на виході першого і другого дат-чиків, обчислюють похідні $\theta_1^{(1)}(t)$ й $\theta_2^{(1)}(t)$ цих рядів і швидкість потоку по формулі

$$V = \eta \sqrt{\frac{K_2 [K_1 \theta_2^{(1)}(t) - \theta_1^{(1)}(t)]}{\theta_1(t) - \theta_2(t)}},$$

де $k_1 = m_2c_2/m_1c_1$, m_1 і m_2 - маси першого і другого датчиків, c_1 й c_2 - питомі теплоємності матеріалів першого і другого датчиків,

$$k_2 = \frac{m_1c_1v^{n-0,4}}{SC_0d^{n-1}\lambda^{0,6}\gamma^{0,4}c^{0,4}},$$

де n - градуювальний коефіцієнт, S - площа поверхні й d - діаметр кожного датчика, C_0 - конструктивна константа, параметри середовища потоку λ - теплопровідність, v - кінематична в'язкість, c - питома теплоємність, γ - густина

Винахід стосується до вимірювальної техніки й призначається для використання в гідрометеорології для вимірювання швидкості вітру та плинну води. Він може бути використаний для вимірювання швидкостей потоків газів і рідин в різних галузях.

Відомий термоанемометричний спосіб визначення швидкості потоку [1], вибраний прототипом як найближчий до винаходу по сукупності істотних ознак. Спосіб полягає у тому, що два датчики температури встановлюють в потоці, причому один із датчиків нагрівають відносно середовища на задану різницю температур. Вимірюють струм нагріву. Швидкість потоку визначають по градуировочній характеристиці від струму нагріву датчика.

Такі ознаки способу, як використання двох датчиків температури, встановлених в потоці, сходинуться з істотними ознаками винаходу.

Недоліком прототипу є необхідність нагріву одного із датчиків, що веде до значних енергетичних затрат і створює складність при реалізації спо-

собу.

В основі винаходу стоїть рішення задачі визначення швидкості потоку, у якому шляхом використання двох пасивних датчиків температури з однаковими конструктивними розмірами, але різними теплоємностями, забезпечується технічний результат, який виражається в спрощенні процедури й технічної реалізації способу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення швидкості потоку з використанням двох датчиків температури, встановлених в потоці, відповідно до винаходу використовують датчики з однаковими конструктивними розмірами та різними параметрами термічної інерції T_1 і T_2 за рахунок різної теплоємності m_1c_1 й m_2c_2 , причому $m_2c_2 = k_1m_1c_1$ опитують виходи датчиків, одержують ряди відліків температури $\theta_1(t)$ і $\theta_2(t)$ на виході першого і другого датчиків, обчислюють похідні $\theta_1^{(1)}(t)$ і $\theta_2^{(1)}(t)$ цих рядів і швидкість потоку по формулі

(13) C2

(11) 49049

(19) UA

$$V = \sqrt{\frac{k_1 [\kappa_1 \theta_2(t) - \theta_1(t)]}{\theta_1(t) - \theta_2(t)}} \quad (1)$$

де $k_1 = m_2 c_2 / m_1 c_1$, (2)

де m_1 і m_2 - маси першого і другого датчиків, c_1 і c_2 - питомі теплоємності матеріалів першого і другого датчиків,

$$k_2 = \frac{m_1 c_1 v^{2-0.4}}{S C_0 d^{n-1} \lambda^{0.6} \gamma^{0.4} c^{0.4}} \quad (3)$$

де S - площа поверхні і d - діаметр кожного датчика, C_0 - конструктивна константа, n - градуювальний коефіцієнт і параметри середовища потоку

λ - теплопровідність, v - кінематична в'язкість, c - питома теплоємність, γ - густина

Указаний технічний результат забезпечується за рахунок того, що відмітні ознаки винаходу у сукупності з відомими забезпечують нову властивість - спрощення реалізації через виключення необхідності нагрівання одного із датчиків і відсутності теплового збурення у середовищі потоку

У заявленому способі визначення швидкості потоку здійснюється шляхом використання залежності параметра термічної інерції датчика температури від швидкості обтікання потоком

Розберемо обґрунтування способу

Температура навколишнього середовища $\theta_{cp}(t)$ та температура i -го датчика $\theta_i(t)$ зв'язані рівнянням [3]

$$\theta_{cp}(t) = \theta_i(t) + T_i(t) \frac{d\theta_i(t)}{dt} \quad (4)$$

де $T_i(t)$ - параметр теплової інерції, причому

$$T_i(t) = \frac{m_i c_i}{S \zeta(t)} = \frac{Q_i}{S \zeta(t)} \quad (5)$$

де m_i - маса, c_i - питома теплоємність, Q_i - теплоємність, S - площа поверхні датчика, $\zeta(t)$ - коефіцієнт теплообміну датчика зі середовищем. Для датчиків у формі циліндрів в поперечному потоці газу [3]

$$\zeta_i(t) = \frac{c_0 \lambda}{d} Re^n \quad (6)$$

де d - діаметр циліндра, λ - теплопровідність газу, c_0 і n - табличні параметри, які залежать від числа Рейнольдса

$$Re = \frac{v d}{\nu} \quad (7)$$

де ν - кінематична в'язкість, v - швидкість газу. Реально $c_0 \approx 0,2 \div 0,93$ і $n = 0,4 - 0,6$

Можемо записати від виразів (6) та (7)

$$\zeta_i(t) = k_i v^n(t) \quad (8)$$

$$\text{де } k_i = \frac{c_0 \lambda d^{n-1}}{\nu^n} \quad (9)$$

Коефіцієнт теплообміну для рідини виражається певною формулою

$$\zeta_k(t) = \frac{c_0 \lambda}{d} Re^n Pr^{0.4} \quad (10)$$

де Pr - критерій Прандтля

$$Pr = c v \gamma / \lambda \quad (11)$$

де c - питома теплоємність, γ - густина, λ - теплопровідність рідини. Із (10) та (11) можемо записати

$$\zeta_k(t) = k_k v^n(t) \quad (12)$$

$$\text{де } k_k = c_0 d^{n-1} v^{0.4n} \lambda^{0.6} \gamma^{0.4} c^{0.4} \quad (13)$$

Так, для двох датчиків температури з однаковим діаметром і приміщених спільно в потоці коефіцієнти k_i і k_k (позначимо K^*) будуть збігатися і ми можемо записати

$$\zeta(t) = k v^n(t) \quad (14)$$

З виразу (5) одержуємо

$$T_i(t) = \frac{Q_i}{S k v^n(t)} = \frac{1}{S k} Q_i v^n(t) \quad (15)$$

Якщо виготовляти датчики різної теплоємності такими, щоб

$$Q_2 = k_1 Q_1 \quad (16)$$

$$T_1(t) = \frac{1}{Sk} Q_1 v^a(t) \quad (17)$$

$$T_2(t) = \frac{1}{Sk} k_1 Q_1 v^a(t) \quad (18)$$

$$T_2(t) = k_1 T_1(t) \quad (19)$$

Для двох каналів температури одержуємо зрівняння 2 систему рівнянь

$$\begin{cases} \theta_{sp}(t) - T_1(t)\theta_1^{(n)}(t) = \theta_1(t) \\ \theta_{sp}(t) - k_1 T_1(t)\theta_2^{(n)}(t) = \theta_2(t) \end{cases} \quad (20)$$

рішення якої має вигляд

$$T_1(t) = \frac{\theta_1(t) - \theta_2(t)}{k_1 \theta_2^{(n)}(t) - \theta_1^{(n)}(t)} \quad (21)$$

З виразу 17 визначаємо швидкість потоку

$$v(t) = \sqrt{\frac{Q_1}{Sk T_1(t)}} = \sqrt{\frac{k_2 [k_1 \theta_2^{(n)}(t) - \theta_1^{(n)}(t)]}{\theta_1(t) - \theta_2(t)}} \quad (22)$$

де k_1 - конструктивний параметр датчика

$$k_1 = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{m_2 c_2}{m_1 c_1} \quad (23)$$

а k_2 - добуток параметрів датчика і середовища

$$k_2 = \frac{m_1 c_1}{Sc_0 d^{2n-1} v^{a+1} \lambda^{n-1} \gamma^{n-1} c^{n-1}} \quad (24)$$

де n - градуювальний коефіцієнт,

Якщо температура та тиск середовища змінюються, то змінюються й параметри середовища $c_1, v, \lambda, \gamma, c$. При необхідності точних вимірювань вводяться поправки на такі зміни параметрів середовища й коефіцієнта k_2 відповідно

Швидкість потоку газу або рідини згідно з винаходом визначають таким чином

В потоці встановлюють два пасивні датчики температури, наприклад, платинові термометри опору (ТСП), [3]. Використають датчики з однаковими конструктивними розмірами захисних корпусів, але виконаними із матеріалів з різними питомими теплоємностями. Опитуючи виходи датчиків, одержують ряди відліків температур у часі на виході першого $\theta_1(t)$ і другого $\theta_2(t)$ датчиків. Обчислюють похідні $\theta_1^{(n)}(t)$ й $\theta_2^{(n)}(t)$ цих рядів. Швидкість потоку визначають по формулі

$$v = \sqrt{\frac{k_2 [k_1 \theta_2^{(n)}(t) - \theta_1^{(n)}(t)]}{\theta_1(t) - \theta_2(t)}} \quad (25)$$

де k_1, k_2 та n - конструктивні константи, які визначають при градуюванні і по параметрам датчиків та середовища

ВИКОРИСТОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1 Измерение океанских течений / Л.М. Фомин, В.М. Кушнир, В.Б. Титов - М.: Наука, 1989 - 197 с.

2 Себиси Т., Брэдшоу П. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы. Пер. с англ. - М.: Мир, 1987 - 592 с.

3 Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин (Измерительные преобразователи). Учеб. пособие для вузов - Л.: Энергоатомиздат Ленинградское отделение, 1983 - 320 с.