



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 08.02.78 (21) 2577444/18-10

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.07.80. Бюллетень № 26

Дата опубликования описания 15.07.80

(11) 748247

(51) М. Кл.<sup>2</sup>

G 01 P 5/12

(53) УДК 533.6.08  
(088.8)

(72) Автор  
изобретения

Ю. Е. Геренрот

(71) Заявитель

Московский научно-исследовательский и проектный институт  
типового и экспериментального проектирования

(54) ТЕРМОАНЕМОМЕТР

Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для измерения скоростей потоков жидкостей и газов.

В настоящее время известны термоанемометры, содержащие корпус, две термопары, и нагреватель [1]. Недостатком этих устройств является невозможность измерения турбулентных характеристик потоков малых скоростей и высоких интенсивностей турбулентности.

Ближайшим по технической сущности является термоанемометр, содержащий ветви накаливаемой нити и две дифференциальные термопары [2]. Недостатком этого устройства является невозможность измерения пульсаций скорости турбулентных потоков.

Целью изобретения является устранение указанного недостатка.

Цель достигается тем, что ветви накаливаемой нити выполнены V-образной формы и ориентированы в горизонтальной плоскости по вектору средней скорости потока, направленному по биссектрисе угла между ветвями нити, при этом горячие и холодные спаи дифференциальных термопар раз-

мещены соответственно сверху и снизу относительно каждой ветви накаливаемой нити.

На чертеже показана принципиальная схема термоанемометра.

Термоанемометр содержит накаливаемую нить 1, укрепленную на держателях 2, которые, в свою очередь, закреплены в корпусе 3. Накаливаемая нить 1 выполнена изогнутой V-образной формы в плане, ветви которой образуют между собой угол  $\varphi$  от  $20^\circ$  до  $160^\circ$ .

Над каждой из ветвей накаливаемой нити расположены горячие спаи 4 и 5 двух дифференциальных термопар, холодные спаи 6 и 7 которых размещены под каждой из ветвей накаливаемой нити 1.

Накаливаемая нить установлена в горизонтальной плоскости по вектору средней скорости  $\bar{u}$  потока, проходящего через биссектрису угла  $\varphi$ , образованного ветвями накаливаемой нити 1, причем обе ветви накаливаемой нити лежат в одной плоскости "XY".

Термоанемометр работает следующим образом.

Накаливаемую нить 1 подключают к источнику питания, который должен обеспечивать постоянную температуру нити при любой скорости потока, воздействующего на нее.

Над разогретой потоком нитью поднимается вертикально вверх конвективный поток, воздействующий на горячие спаи 4 и 5 дифференциальных термопар, холодные спаи 6 и 7 которых служат для компенсации температуры набегающего потока и лучистой составляющей от накаливаемой нити 1.

На выходе каждой из дифференциальных термопар (1-й и 2-й каналы) появляется сигнал, соответствующий нулевой скорости набегающего потока.

При внесении термоанемометра в поток с мгновенной скоростью  $u_{\text{мгн.}} = \bar{u} + \Delta u$ , где  $\bar{u}$  — средняя скорость потока (м/с),  $\Delta u$  — пульсационная составляющая скорости (м/с), на поднимающиеся от нити конвективные потоки будут воздействовать составляющие  $u_{\text{мгн.}}$ , перпендикулярные каждой из плоскостей двугранного угла, образованного конвективными потоками от нити.

Конвективные потоки будут сдвигаться с горячих спаев термопар с частотой, равной частоте пульсаций скорости потока, поскольку слабое конвективное облачко, как объект регулирования, инерцией практически не обладает.

Размещение нити в плоскости XY прямоугольной системы координат дает возможность измерить среднюю скорость потока  $\bar{u}$  и пульсации скорости потока  $u'$ ,  $v'$ , направленные соответственно по осям X и Y. Причем пульсация  $v'$  ортогональна средней скорости и пульсации скорости  $u'$  вдоль оси X. Указанное расположение ветвей нити позволяет также определить корреляции средней скорости  $\bar{u}$  с каждой пульсационной составляющей скорости.

Для определенности угол между нитями, а также между конвективными потоками, поднимающимися от них вертикально вверх и образующих двугранных угол, будет для одной из них  $\varphi = \frac{\pi}{4}$  относительно оси X и средней скорости  $\bar{u}$ , а для другой  $\varphi = \frac{\pi}{4} - \frac{3\pi}{4}$ .

Тогда на каждую из плоскостей двугранного угла, образованного конвективными потоками от нити, будут воздействовать  $\bar{u}$ ,  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$ .

Последней пульсацией скорости (в направлении оси Z)  $w'$  можно пренебречь, поскольку она не будет отклонять конвективное облачко от его вертикального подъема.

Охлаждение проволоки, а также отклонение от вертикали конвективного облачка зависит главным образом от компоненты, перпендикулярной к проволоке и облачку.

Если нить установлена под углом к направлению скорости  $u$ , ее в основном будет охлаждать (и отклонять облачко) компонента этой скорости  $u_1$ , которая перпендикулярна к нити, тогда ее величина:

$$u_1 = \bar{u} \sin \alpha, \quad \alpha - \text{угол между нитью и направлением скорости потока.}$$

Полагаем, что температура горячего спая прямо пропорциональна величине отклонения конвективного облачка, т.е.

$$u_1 = K (t - t_0), \quad \text{где } K - \text{константа; } t_0 - \text{температура горячего спаи при отсутствии набегающего потока.}$$

Тогда температура горячего спаи будет зависеть от угла наклона нити  $\alpha$  в плоскости XY по отношению к скорости потока.

$$t = t_0 + \frac{\bar{u}}{K} \sin \alpha.$$

Известно, что

$$u = \sqrt{[(\bar{u} + u') \sin \alpha - v' \cos \alpha]^2 + w'^2}$$

Разлагая в ряд и производя преобразования, получим:

$$u\left(\frac{\pi}{4}\right) = A(\bar{u} + u' - v' + \frac{w'^2}{\bar{u}}) \\ u\left(\frac{3\pi}{4}\right) = A(\bar{u} + u' + v' + \frac{w'^2}{\bar{u}})$$

где A — константа, для температур горячих спаев

$$t_4 = t_0 + \frac{A}{K} (\bar{u} + u' - v' + \frac{w'^2}{\bar{u}}) \\ t_5 = t_0 + \frac{A}{K} (\bar{u} + u' + v' + \frac{w'^2}{\bar{u}})$$

Нетрудно получить:

$$t_4 + t_5 = 2t_0 + \frac{A}{K} 2(\bar{u} + u')$$

компенсируя с помощью электронных схем  $t_0$  и  $\bar{u}$ , получим величину, пропорциональную  $u'$  (выход с первого канала). Осредняя  $t_4 + t_5$ , получим величину средней скорости; поскольку  $\bar{u}' = 0$

$t_4 - t_5$  даст величину, пропорциональную  $v'$  (выход со второго канала).

Величиной  $\frac{w'^2}{\bar{u}}$  везде пренебрегаем, поскольку ее воздействие одинаково для обеих нитей, а направление совпадает с направлением облачка, что не приводит к его отклонению от вертикали.

Операции сложения и вычитания производятся с помощью электронных схем (на чертеже не указаны).

60

Формула изобретения

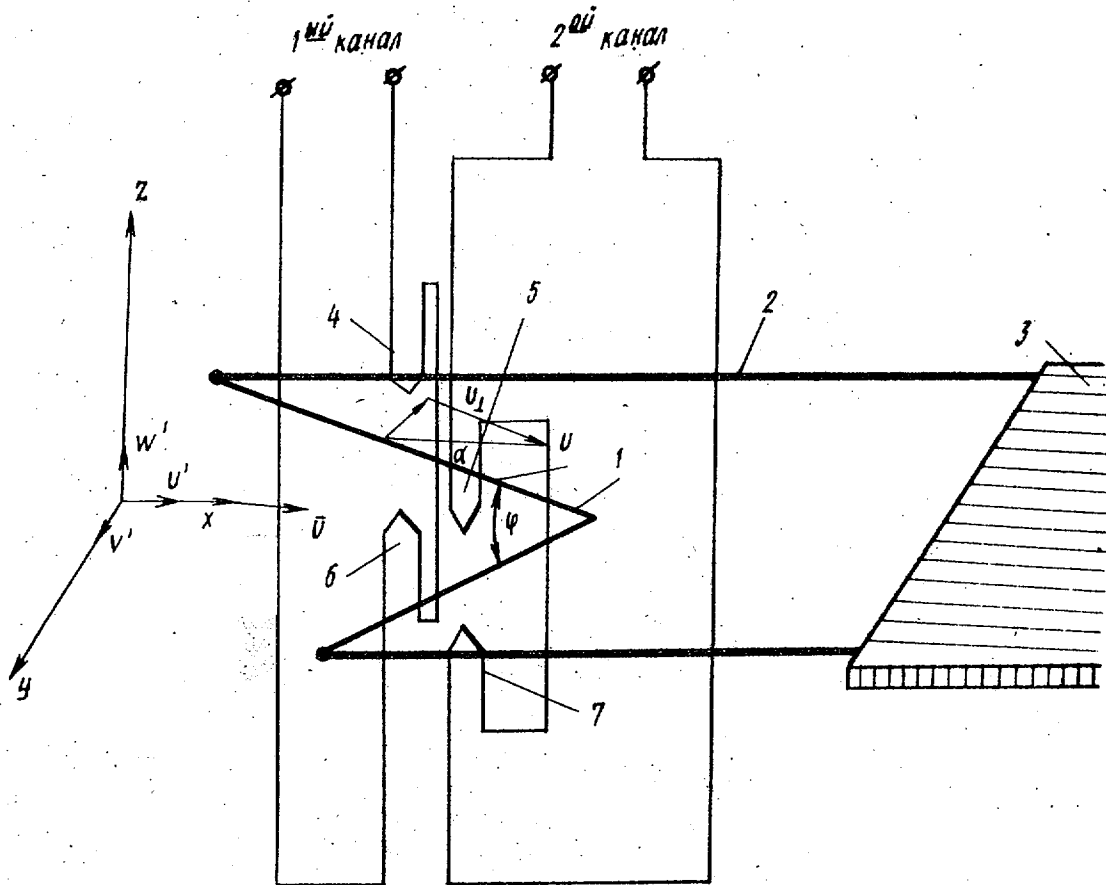
Термоанемометр, содержащий ветви накаливаемой нити и две дифферен-

циальные термодатчики, отличающиеся тем, что, с целью измерения пульсаций скорости турбулентных потоков ветви накаливаемой нити выполнены V-образной формы и ориентированы в горизонтальной плоскости по вектору средней скорости потока, направленному по биссектрисе угла между ветвями нити, при этом горячие и холодные спаи дифференциальных

термодатчиков размещены соответственно сверху и снизу относительно каждой ветви накаливаемой нити.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

- 5 1. Авторское свидетельство СССР № 528507, кл. G 01 P 5/12, 1976.
2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2396684/18-10, кл. G 01 P 5/12, 1976 (прототип).



Составитель В.Куприянов

Редактор Е.Зубиегова

Техред М. Петко

Корректор

Е.Папп

Заказ 4229/31

Тираж 1019

Подписное

ЦНИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4