

Изобретение относится к области расхода жидкостной или газа и может быть использовано для создания на его базе счетчиков объемного расхода жидкости или газа.

Известен датчик расхода [1], содержащий измерительный участок трубопровода с размещенным вовне трубопровода нагревателем и двумя термочувствительными элементами и закрепленное внутри трубопровода тело обтекания из теплоизоляционного материала цилиндрической формы.

К недостаткам прототипа следует отнести наличие источника тепла, расположенного вовне трубопровода, т.к. его температура зависит от температуры внешней среды, никак неучитываемой в процессе измерения, но существенно влияющую на величину теплового потока, переносимого от нагревателя к термочувствительным элементам. Сама необходимость переноса тепла от нагревателя к термочувствительным элементам вносит дополнительную погрешность в измерения, т.к. обеспечить одинаковые условия переноса тепла невозможно в зависимости от внешних условий окружающей среды и от образца к образцу. Наличие двух термочувствительных элементов, размещенных в цилиндрическом теплоизоляционном теле обтекания и приведенных в тепловой контакт с измеряемой средой обуславливает погрешность измерения типа "плавающий ноль" за счет изменения температуры измеряемой среды, и, следовательно, изменения величины теплового потока от нагревателя к термочувствительным элементам.

Задачей изобретения является создание такого датчика расхода жидкости или газа, в котором за счет иного конструктивного выполнения тел обтекания и использования другого термочувствительного элемента достигается измерение количества теплового потока вместо температуры датчиков, что позволяет повысить точность измерения.

Задача решается за счет того, что в заявляемом датчике, состоящем из измерительного участка трубопровода, тела обтекания, расположенного внутри трубопровода, и термочувствительного элемента, расположенного вне трубопровода, тело обтекания выполнено в виде двух пластин разных размеров, расположенных симметрично относительно оси и стенок трубопровода и параллельно друг другу, а в качестве термочувствительного элемента использован датчик теплового потока, при этом торцы датчика теплового потока установлены с возможностью теплового контакта с пластинами.

Технический результат в заявляемом датчике достигается за счет причинно-следственной связи в статике, когда пластины находятся в измеряемой среде, находящейся в спокойном состоянии и без движения, между пластинами и измеряемой средой устанавливается термодинамическое равновесие, при этом система: измеряемая среда - пластины - датчик теплового потока принимают одинаковую температуру, равную температуре среды; в динамике при движении измеряемой среды происходит вынос тепла из пластин, т.е. понижается их внутренняя энергия, а, следовательно, и температура, при этом температура пластины больших размеров становится ниже, чем пластины с меньшими размерами, вследствие чего между ними устанавливается тепловой поток, фиксируемый датчиком теплового потока, приведенного в тепловой контакт с пластинами, а поскольку величины выносимого из пластин количества тепла пропорциональны скорости потока жидкости или газа, то и величина потока, проходящего через датчик теплового потока, пропорциональна скорости движения жидкости или газа и не зависит от температуры измеряемой среды, т.к. система все время находится при температуре измеряемой среды, а температура пластин изменяется только под действием движения среды.

На чертеже представлен общий вид заявляемого датчика.

Датчик состоит из измерительного участка трубопровода 1, внутри которого расположены пластины 2 разных размеров, расположенные симметрично относительно оси и стенок трубопровода и параллельно друг другу, находящиеся в тепловом контакте с термoelementом 3.

Датчик работает следующим образом. Измеряемый поток жидкости или газа, проходящий внутри измерительного участка трубопровода 1, охлаждает пластины 2 и при этом пластина больших размеров охлаждается больше, чем пластина меньших размеров. Эта разность температур через тепловой контакт передается на торцы термoelementа 3, в котором возникает термо-эдс, пропорциональная скорости движения потока.

Достижение измеряемого результата подтверждается следующими расчетами.

В состоянии, когда трубопровод заполнен неподвижным газом или жидкостью при температуре $t^{\circ}\text{C}$, с учетом, что газ или жидкость нагревались от 0°C до $t^{\circ}\text{C}$, пластины теплоемников аккумулируют следующее количество тепла:

$$Q_n = m_{1,2} C_n t_0 = \rho_n V_{n(1,2)} / t_0 \quad (1)$$

где: ρ_n - удельный вес материала тепло-съемника;

C_n - удельная теплоемкость материала теплоемника;

$V_{n(1,2)}$ - объем первого и второго тепло-съемников.

Количество тепла, выносимое из тепло-съемника при движении жидкости или газа за 1 секунду описывается выражением:

$$Q_c = C_p \rho(t) w S_n \quad (2)$$

где: C_p - теплоемкость жидкости или газа при данном давлении;

$\rho(t)$ - плотность жидкости или газа при данной температуре;

w - скорость движения жидкости или газа в трубопроводе;

S_n - площадь теплоемника.

Количество тепла, аккумулированное в теплоемнике после воздействия движущейся среды в течение 1 секунды, составит:

$$Q_q = \rho_n C_n V_n t_1 \quad (3)$$

где t_1 - температура теплоемника после воздействия среды.

$$Q_q = Q_n - Q_c = \rho_n C_n V_n t_0 - C_p \rho (t) w S_n$$

$$\rho_n C_n V_n t_1 = \rho_n C_n V_n t_0 - C_p \rho (t) w S_n$$

Откуда

$$t_1 = t_0 - \frac{C_p \rho (t)}{\rho_n C_n V_n} w S_n \quad (4)$$

$$\frac{C_p \rho (t)}{\rho_n C_n} = K_{nc}$$

Введя обозначение и разделив числитель и знаменатель на S_n соотношение (4) примет вид:

$$t_1 = t_0 - \frac{K_{nc}}{\sigma_n} \cdot W_c \quad (5)$$

где σ_n - толщина теплоъемника.

С учетом того, что в измерительной части датчика используются два теплоъемника с разными величинами площади S_{n1} и S_{n2} , причем $S_{n1} > S_{n2}$, измеряемый тепловой поток, обусловленный разными температурами теплоъемников при одинаковой скорости движения среды их омывающей, описывается следующим соотношением:

$$\Delta t_u = t_1 - t_2 = t_0 - \frac{K_{nc} W_c}{\sigma_{n1}} - t_0 + \frac{K_{nc} W_c}{\sigma_{n2}}$$

$$\text{или } \Delta t_u = K_{nc} W_c \left(\frac{1}{\sigma_{n2}} - \frac{1}{\sigma_{n1}} \right) \quad (6)$$

При этом величина ЭДС измеряемого сигнала для датчика теплового потока

$$E_u = (\alpha_{33} - \alpha_m) \cdot \Delta t_u \quad (7)$$

где: α_{33} - термоЭДС антимонида кадмия вдоль кристаллографической оси 001;

α_m - термоЭДС меди.

Отсюда

$$E_u = \frac{(\alpha_{33} - \alpha_m) (\sigma_{n1} - \sigma_{n2})}{\sigma_{n1} \cdot \sigma_{n2}} \cdot K_{nc} W_c \quad (8)$$

т.е. величина сигнала на выходе датчика не зависит от температуры измеряемой жидкости или газа, а зависит от материала и конфигурации теплоъемника и скорости движения среды.

Согласно изобретению на заводе был изготовлен экспериментальный образец заявляемого устройства, в котором пластины были выполнены размером в соотношении 1:5, а в качестве термоэлемента был использован кристалл из антимонида кадмия, вырезанный вдоль кристаллографической оси 001.

Образец был испытан и получена точность измерений от 0,3...0,6% в диапазоне расхода газа от 0,056...3,75 м³/час.

