



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011114458/28, 14.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.04.2011

(45) Опубликовано: 27.08.2012 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2299404 C2, 20.05.2007. RU 2152593 C1,  
10.07.2000. SU 1582014 A1, 30.07.1990. SU  
605096 A1, 30.04.1978. RU 2002130147 A,  
10.05.2004.

Документ находится в Патентном отделе

**ОКБ АСТРОН**140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

## (54) ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ РАСХОДОМЕР ПОТОКА ГАЗА ИЛИ ЖИДКОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области тепловой меточной расходомерии и может быть использовано для определения объемного или массового расхода газа или жидкости. Сущность: расходомер содержит измерительный трубопровод (1) с выравнивателем потока (2) на входе, управляемый генератор (3) тепловой метки с импульсным нагревателем (4), контроллер (5) нагрева, индикатор (6) расхода, вычислитель (7) скорости и расхода потока. Контроллер (5) нагрева подключен своим выходом к управляющему входу генератора (3) тепловой метки. Вычислитель (7) скорости и расхода потока подключен первым выходом, информирующим о расходе, к входу индикатора (6) расхода, а вторым выходом, информирующим о скорости - к первому входу контроллера (5) нагрева. К входу вычислителя (7) скорости и расхода потока подключен таймер (8). К разрешающему и запрещающему входам таймера (8) подключены соответственно первый и второй идентичные регистраторы (9.1, 9.2) тепловой

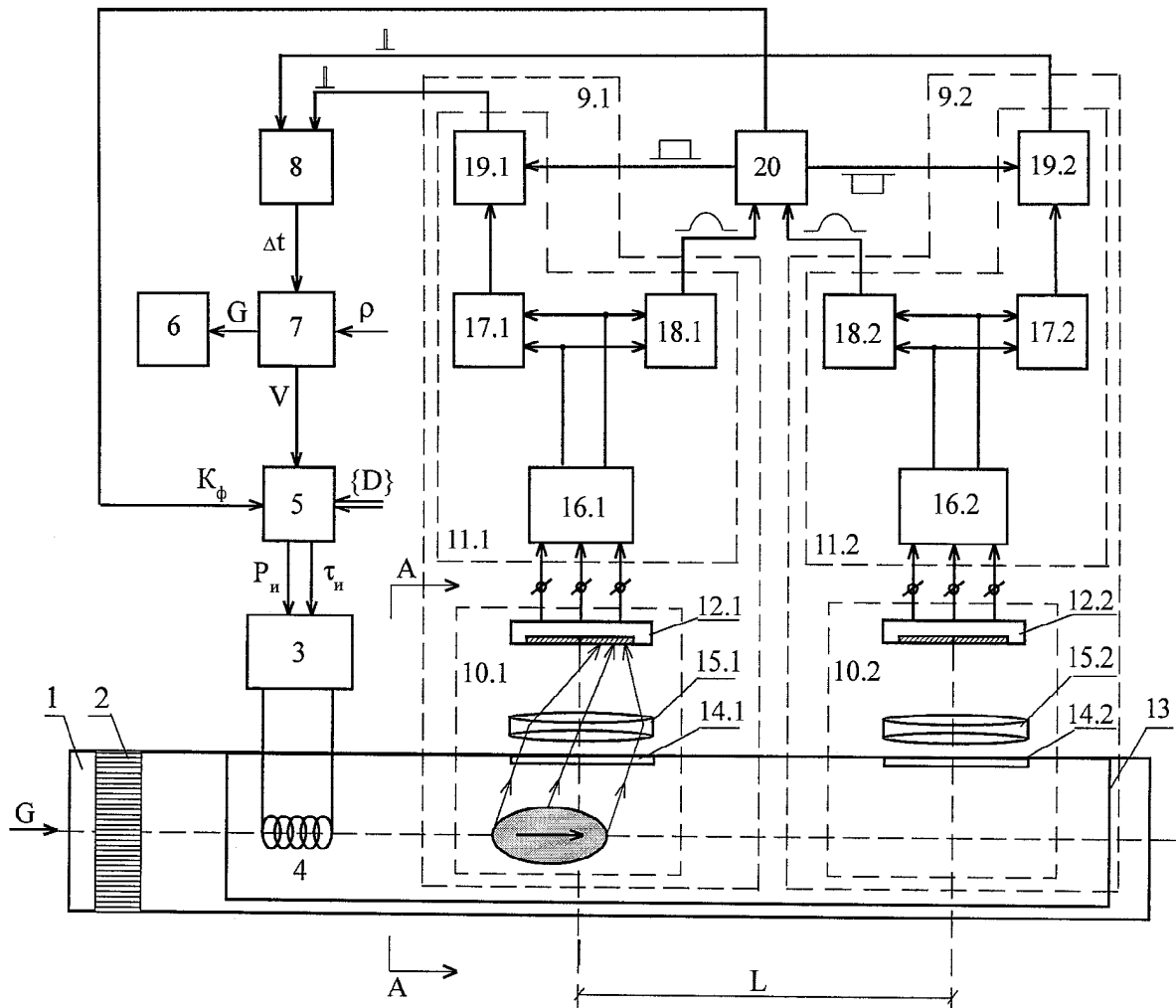
метки. Оба регистратора (9.1, 9.2) тепловой метки на входе содержат тепловые детекторы (10.1, 10.2), а на выходе - подключенные к выходным электродам тепловых детекторов вторичные преобразователи (11.1, 11.2). Тепловые детекторы (10.1, 10.2) первого и второго регистраторов расположены относительно нагревателя разнорасстоянно по ходу потока на фиксированном расстоянии (L), образующем контрольный участок. При этом оба тепловых детектора (10.1, 10.2) выполнены в виде оптико-электронных узлов, содержащих следующие элементы: координатно-чувствительный приемник (12.1, 12.2) теплового излучения, снабженный центральным и двумя плечевыми выходными электродами; нанесенный на внутреннюю поверхность трубопровода отражатель-формирователь (13) излучаемого тепловой меткой инфракрасного лучистого потока; инфракрасное окно (14.1, 14.2) вывода из трубопровода излучения тепловой метки; инфракрасный объектив (15.1, 15.2), фокусирующий излучение тепловой метки на чувствительную поверхность приемника.

Каждый вторичный преобразователь (11.1, 11.2) выполнен в виде электрической цепи, содержащей на входе мостовую схему (16.1, 16.2) включения координатно-чувствительного приемника, дифференциальный усилитель (17.1, 17.2), суммирующий усилитель (18.1, 18.2), а на выходе - нуль-орган (19.1, 19.2), снабженный измерительным и синхронизирующим входами и стробирующим выходом. Каждый координатно-чувствительный приемник (12.1, 12.2) теплового излучения подключен по дифференциальной схеме тремя выходными электродами к входным смежным плечам мостовых схем (16.1, 16.2). К выходным смежным плечам мостовых схем (16.1, 16.2) параллельно подключены входы дифференциальных (17.1, 17.2) и суммирующих (18.1, 18.2) усилителей. К выходам дифференциальных (17.1, 17.2) усилителей подключены измерительные входы нуль-органов (19.1, 19.2), стробирующие выходы которых соединены с соответствующим входом таймера (8).

Расходомер также содержит блок сравнения (20), подключенный первым и вторым входами к выходам суммирующих усилителей (18.1, 18.2) соответственно первого и второго регистраторов. Первым и вторым выходами, информирующими о длительности входных импульсов, блок сравнения (20) подключен ко входам синхронизации нуль-органов (19.1, 19.2) соответственно первого и второго регистраторов, а третьим выходом, информирующем об амплитуде входных импульсов - ко второму входу контроллера (5) нагрева. Выход контроллера (5) нагрева имеет два канала, один из которых ( $P_H$ ) служит для управления нагревателем по мощности импульса нагрева, а второй ( $\tau_H$ ) - для управления нагревателем по длительности импульса. Технический результат: повышение точности измерения скорости и расхода потока газа или жидкости, а также расширение диапазона измеряемых величин при схемотехническом упрощении расходомера. 5 ил.

RU 2460047 C1

RU 2460047 C1



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*G01F 1/704* (2006.01)*G01F 1/708* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011114458/28, 14.04.2011**(24) Effective date for property rights:  
**14.04.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **14.04.2011**(45) Date of publication: **27.08.2012 Bull. 24****(54) ELECTROOPTICAL GAS OR LIQUID FLOW METER**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: flow meter has a measuring pipe (1) with a flow leveller (2) at the inlet, a controlled heat mark generator (3) with a pulsed heater (4), a heating controller (5), a flow rate indicator (6) and a velocity and flow rate computer (7). The heating controller (5) is connected by its output to the control input of the heat mark generator (3). The velocity and flow rate computer (7) is connected by the first output, which informs on flow rate, to the input of the flow rate indicator (6), and by the second output, which informs on velocity, to the first input of the heating controller (5). The input of the velocity and flow rate computer (7) is connected to a timer (8). The enable and inhibit inputs of the timer (8) are respectively connected to first and second identical recorders (9.1, 9.2) of the heat mark. Both recorders (9.1, 9.2) of the heat mark have heat detectors (10.1, 10.2) at the input and secondary transducers (11.1, 11.2) at the output, which are connected to output electrodes of the heat detectors. The heat detectors (10.1, 10.2) of the first and second recorders lie at unequal distances from the heater on the flow path at a fixed distance (L), which forms the control section. Both heat detectors (10.1, 10.2) are in form of electrooptical units comprising the following elements: a coordinate-sensitive thermal detector (12.1, 12.2) provided with a central and two

lateral output electrodes; a reflector-generator (13) of infrared radiation flux emitted by the heat mark, where said reflector-generator is deposited on the inner surface of the pipe; an infrared window (14.1, 14.2) for outlet of radiation of the heat mark from the pipe; an infrared lens (15.1, 15.2), which focuses radiation of the heat mark onto the sensitive surface of the receiver. Each secondary transducer (11.1, 11.2) is in form of an electric circuit, having at the input a bridge circuit (16.1, 16.2) for switching the coordinate-sensitive detector, a differential amplifier (17.1, 17.2), an adder amplifier (18.1, 18.2), and at the output - a null element (19.1, 19.2), provided with measuring and clock inputs and a strobing output. Each of the coordinate-sensitive thermal detectors (12.1, 12.2) is connected on a differential circuit by three output electrodes to adjacent input arms of the bridge circuits (16.1, 16.2). The adjacent output arms of the bridge circuits (16.1, 16.2) are connected in parallel to inputs of the differential (17.1, 17.2) and adder (18.1, 18.2) amplifiers. The outputs of the differential (17.1, 17.2) amplifiers are connected to measuring inputs of the null elements (19.1, 19.2), the strobing outputs of which are connected to corresponding inputs of the timer (8). The flow metre also has a comparator unit (20) which is connected by the first and second inputs to outputs of adder amplifiers (18.1, 18.2) of the first and second recorders, respectively. The comparator

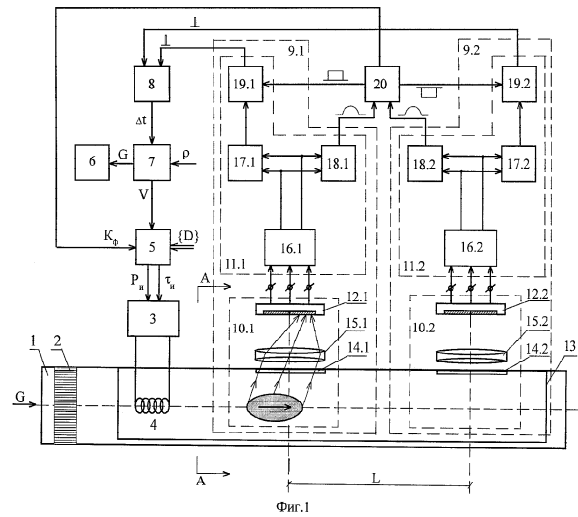
RU 2 460 047 C1

RU 2 460 047 C1

unit (20) is connected by the first and second outputs, which inform on duration of input pulses, to clock inputs of null elements (19.1, 19.2) of the first and second recorders, respectively, and by the third output, which informs on amplitude of input pulses, to the second input of a heating controller (5). The output of the heating controller (5) has two channels, one of which ( $P_1$ ) serves to control the heater based on the power of the heating pulse, and the other ( $\tau_1$ ) for controlling the heater based on pulse duration.

EFFECT: high accuracy of measuring speed and flow of a gas or liquid, as well as a wider range of measured quantities with simplification of the circuitry of the flow metre.

5 dwg



Изобретение относится к области приборостроения, в частности к тепловой меточной расходомерии газообразных или жидких сред.

Известны расходомеры потока газа или жидкости, принцип работы которых основан на измерении времени переноса потоком тепловой метки между двумя регистрационными сечениями, образующими контрольный участок измерительного трубопровода. В известных расходомерах фиксация момента нахождения в регистрационном сечении некоторой реперной точки тепловой метки осуществляется термодетекторами, традиционное построение которых основано на применении терморезисторов в качестве первичных термопреобразователей. При этом используется теплопередача от тепловой метки к преобразователю посредством термоконвекции и теплопроводности (Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Справочник. Изд. 4-е. Л.: Машиностроение, 1989).

Однако при всем типовом многообразии и конструктивных особенностях терморезисторных преобразователей им присущ общий принципиальный недостаток - большая инерционность. У самых быстродействующих из полупроводниковых терморезисторов (термисторов) тепловая постоянная времени имеет значение более (0,5-1,0) с. Лишь незначительно менее инерционны тонкопроволочные терморезисторы, но они, кроме того, хрупки и не надежны.

Известен расходомер, в конструктивном исполнении которого предпринята попытка уменьшить влияние инерционности терморезисторов на процесс измерения за счет выбора и фиксации в качестве реперной точки отсчета времени - момента максимального значения видеосигнала, вырабатываемого термодетектором при восприятии им тепла от переносимой метки (патент RU № 2152593 C1, Способ измерения расхода потока, кл. G01F 1/708, 2000, БИ №19).

Однако терморезистивный преобразователь как самое инерционное звено в измерительной цепи сглаживает выходной видеосигнал. Поэтому фронты видеосигнала пологие, вершина плоская, а максимальный уровень имеет обратную зависимость от скорости тепловой метки. Операция выбора и фиксации некоторой реперной точки в этих условиях приобретает неустойчивый, размытый характер. Этот фактор является принципиально негативным. Он отрицательно влияет на точность измерений и ограничивает верхний предел диапазона измеряемых скоростей и расходов.

Среди аналогов наиболее близким по своей структуре (прототипом) к заявленному расходомеру является тепловой меточный расходомер, описание которого приведено в патенте RU 2299404 C2, Бесконтактный тепловой расходомер жидкости, кл. G01F 1/708, 1/69 15/02, 2007, БИ №14. Этот расходомер содержит: измерительный трубопровод, генератор тепловой метки с нагревателем, контроллер нагрева, индикатор расхода, вычислитель скорости и расхода, таймер, регистратор переноса тепловой метки, состоящий из теплового детектора на входе и вторичного преобразователя сигналов детектора на выходе, сигналы от которого поступают в таймер.

Расходомер-прототип имеет относительно низкую точность измерения скорости и объемного расхода потока, а также низкий предел верхней границы диапазона измеряемых скоростей и расходов, вследствие влияния на процесс измерения принципиально не устранимого фактора тепловой инерционности первичных термопреобразователей, в качестве которых традиционно использованы терморезистивные элементы.

Технический результат, на достижение которого направлено изобретение,

заключается в повышении точности измерения скорости и расхода потока газа или жидкости, а также в расширении диапазона измеряемых величин за счет минимизации инерционности первичного преобразования тепловой энергии метки в измерительный сигнал, при схемотехническом упрощении расходомера.

5 Технический результат достигается тем, что в оптико-электронном расходомере потока газа или жидкости, содержащем измерительный трубопровод с  
выравнивателем потока на входе, управляемый генератор тепловой метки с  
импульсным нагревателем, контроллер нагрева, подключенный выходом к  
10 управляющему входу генератора, индикатор расхода, вычислитель скорости и расхода потока, подключенный первым выходом, информирующим о расходе, ко входу  
индикатора, а вторым выходом, информирующим о скорости - к первому входу  
контроллера, снабженный разрешающим и запрещающим входами таймер,  
15 подключенный выходом ко входу вычислителя, а также первый, подключенный  
выходом к разрешающему входу таймера, и второй, подключенный выходом к  
запрещающему входу таймера, - два идентичных регистратора тепловой метки,  
каждый из которых на входе содержит тепловой детектор и на выходе -  
подключенный к выходным электродам детектора вторичный преобразователь,  
20 причем, детекторы первого и второго регистраторов расположены относительно  
нагревателя равнодистантно по ходу потока на фиксированном расстоянии,  
образующем контрольный участок. При этом тепловой детектор выполнен в виде  
оптико-электронного узла, содержащего координатно-чувствительный приемник  
теплого излучения, снабженный центральным и двумя плечевыми выходными  
25 электродами, нанесенный на внутреннюю поверхность трубопровода отрагатель-  
формирователь излучаемого тепловой меткой инфракрасного лучистого потока,  
инфракрасное окно вывода из трубопровода излучения тепловой метки и  
инфракрасный объектив, фокусирующий излучение тепловой метки на  
30 чувствительную поверхность приемника, причем, вторичный преобразователь  
выполнен в виде электрической цепи, содержащей на входе в цепь мостовую схему  
включения координатно-чувствительного приемника, дифференциальный усилитель,  
суммирующий усилитель и на выходе из цепи нуль-орган, снабженный измерительным  
и синхронизирующим входами и стробирующим выходом, причем координатно-  
35 чувствительный приемник подключен по дифференциальной схеме тремя выходными  
электродами к входным смежным плечам мостовой схемы, к выходным смежным  
плечам которой параллельно подключены входы дифференциального и  
суммирующего усилителей, к выходу дифференциального усилителя подключен  
40 измерительный вход нуль-органа, стробирующий выход которого соединен с  
соответствующим входом таймера, расходомер также содержит блок сравнения,  
подключенный первым и вторым входами к выходам суммирующих усилителей  
соответственно первого и второго регистраторов, первым и вторым выходами,  
информирующими о длительности входных импульсов, - ко входам синхронизации  
45 нуль-органов соответственно первого и второго регистраторов, а третьим выходом,  
информирующем об амплитуде входных импульсов, - ко второму входу контроллера,  
выход которого имеет два канала - первый для управления нагревателем по мощности  
импульса нагрева, второй - по длительности импульса.

50 Расходомер иллюстрируется чертежами, на которых изображено: на фиг.1 -  
функциональная схема расходомера; на фиг.2 - вид оптико-электронного узла со  
стороны поперечного сечения измерительного трубопровода; на фиг.3 - мостовая  
схема включения КЧ - приемника излучения; на фиг.4 - диаграммы, поясняющие

принцип работы расходомера, где: а) пеленгационные (разностные) видеосигналы  $U_{\Delta}(t)$ , б) синхронизирующие (суммарные) видеосигналы  $U_{\Sigma}(t)$ , в) измерительные строб-импульсы  $U_C(t)$ ; на фиг.5 - типичная пеленгационная характеристика (ПХ) КЧ-приемника.

5        Суть решения поставленной технической задачи заключается в том, что для выполнения функции обнаружения тепловой метки в измеряемом потоке и фиксации момента ее переноса через регистрационное сечение трубопровода применен координатно-чувствительный приемник теплового излучения (КЧ ПТИ), работающий  
10 в инфракрасном (ИК) спектральном диапазоне, то есть, в диапазоне собственного электромагнитного излучения тепловой метки. Важная функциональная особенность КЧ-приемников излучения состоит в том, что они включаются в измерительную цепь по дифференциальной схеме (так называемая трехточка), что обеспечивает взаимную  
15 компенсацию в измерительной цепи потенциалов от фонового излучения. Это позволяет обнаруживать на равномерном фоне локально излучающие области, в частности - тепловые метки, и пеленговать их по энергетическому центру их изображений (Анохин А.М., Кравченко А.М. // Автоматика и телемеханика. 2008. №1. С. 152-161).

20        Не стандартизованный, но широко употребляемый в научно-технической литературе термин «энергетический центр изображения» (ЭЦИ) в контексте решаемой задачи целесообразно определить следующим образом - это точка на изображении тепловой метки, характеризующая энергетический баланс лучистого воздействия на чувствительную поверхность приемника относительно любой оси, проведенной через  
25 эту точку. В центросимметричной системе координат входной апертуры КЧ-приемника излучения координаты ЭЦИ можно вычислить как отношение интегрального момента первого порядка от функции пространственно распределенной облученности к ее интегральному моменту нулевого порядка, т.е. к  
30 общей мощности облучения.

Аппаратурно функция определения координат ЭЦИ осуществляется в аналоговом виде координатно-чувствительным фотоприемным устройством (КЧ ФПУ), которое содержит на входе КЧ-приемник излучения, затем - мостовую схему его включения и дифференциальный усилитель на выходе. Положительный эффект в предложенном  
35 техническом решении основывается на точной регистрации КЧ-приемником нулевой координаты ЭЦИ.

Постоянные времени приемников ИК-излучения на несколько порядков меньше, чем у терморезисторов и имеют значения в окрестности  $10^{-5}$  сек. Это обеспечивает  
40 возможность измерять практически любые скорости потоков, в которых может быть сформирована тепловая метка. При этом температура нагрева тепловой метки должна поддерживаться на уровне, соответствующем спектральному максимуму чувствительности КЧ ПТИ. Так для фотоприемника, построенного на основе монокристалла актимонида индия (InSb), имеющего спектральный максимум в  
45 окрестности 6-ти мкм, нагрев тепловой метки согласно закону спектрального смещения Голицына-Вина должен поддерживаться в окрестности температур 150-200°C.

Наличие в предложенном техническом решении указанной совокупности признаков, отличающих его от прототипа, обуславливает появления в нем свойств, предопределяющих положительный эффект, то есть достижение технического  
50 результата.

На фигурах (1-5) приняты следующие обозначения: измерительный трубопровод 1;

выравниватель 2 потока; управляемый генератор 3 тепловой метки; нагреватель 4; контроллер 5 нагрева; индикатор 6 расхода; вычислитель 7 скорости и расхода потока; таймер 8; первый и второй регистраторы 9.1 и 9.2 тепловой метки; первый и второй тепловые детекторы 10.1 и 10.2; первый и второй вторичные преобразователи 11.1 и 11.2; первый и второй координатно-чувствительные приемники ИК-излучения 12.1 и 12.2; отражатель-формирователь 13 ИК-лучистого потока; первое и второе ИК-окна 14.1 и 14.2; первый и второй ИК-объективы 15.1 и 15.2; первая и вторая мостовые схемы 16.1 и 16.2 включения приемника, где:  $R_{61,2}$  - входные (балансировочные) плечевые резисторы,  $R_{н1,2}$  - выходные (нагрузочные) плечевые резисторы,  $U_{вых1,2}$  - выходные плечевые напряжения мостовой схемы; первый и второй дифференциальные усилители (ДУ1 и ДУ2) 17.1 и 17.2; первый и второй суммирующие усилители (СУ1 и СУ2) 18.1 и 18.2; первый и второй нуль-органы 19.1 и 19.2; блок сравнения 20;  $L$  - длина контрольного участка,  $S$  - эффективная площадь сечения трубопровода,  $\Delta t$  - время переноса метки по контрольному участку,  $V$  - скорость переноса метки (местная скорость потока),  $G$  - объемный расход потока,  $P_n$  - мощность импульса нагрева,  $\tau_n$  - длительность импульса нагрева,  $\{D\}$  - массив установочных данных,  $K_\phi$  - коэффициент фоновой контрастности,  $\rho$  - плотность текучей среды.

Для устойчивой работы расходомера необходимо выдерживать на заданном уровне два главных параметра тепловой метки - излучательную способность, обеспечивающую ее надпороговую контрастность относительно фона, и продольный размер, ограничиваемый размером приемника излучения. На оба эти параметра влияет фактор скорости тепловой метки - чем выше скорость, тем длиннее и холоднее (не контрастнее) метка и тем интенсивнее охлаждение нагревателя. Поэтому в устройство расходомера введены корректирующие обратные связи по скорости  $V$  переноса тепловой метки и по коэффициенту  $K_\phi$  фоновой контрастности ее излучения, где  $K_\phi = U_\Sigma / U_\phi$ ,  $U_\phi$  - фоновое напряжение на выходе СУ1,  $U_\Sigma$  - амплитуда видеосигнала на выходе СУ2 (фиг.4б).

Расходомер работает следующим образом. Предварительно в контроллер 5, задающий параметры (мощность  $P_n$  и длительность  $\tau_n$ ) импульса нагрева, образующего в текучей среде тепловую метку, вводят массив  $\{D\}$  нормирующих уставок характеризующих теплофизические свойства среды, в частности - теплопроводность, плотность, теплоемкость, ИК-прозрачность и др., а также - ограничение по мощности нагрева, связанное с физико-химической устойчивостью среды к температуре. При этом, как отмечалось, необходимо учитывать, что с ростом скорости потока метка удлиняется и падает ее температура. Поэтому требуется автоматическая корректировка мощности и длительности импульса генерации по скорости метки и ее тепловой контрастности.

В процессе работы расходомера генератор 3 вырабатывает по командам от контроллера 5 электрические импульсы, формирующие посредством нагревателя 4 тепловую метку в потоке. Переносимая потоком тепловая метка поочередно попадает в поле зрения сначала первого теплового детектора 10.1, а затем второго - 10.2. ИК-излучение, исходящее от тепловой метки, собирается профилированным отражателем-формирователем 13, проходит через выходное ИК-окно 14 и проецируется ИК-объективом 15 на чувствительную поверхность КЧ ПТИ 12 (фиг.2) (Захаров Н.П., Тимошенко С.П., Крупнов Ю.А. Оптикоэлектронные узлы электронно-вычислительных средств, измерительных приборов и устройств автоматики. - М.: БИНОМ, 2009, с.244-257). Перемещаясь по этой поверхности, ИК-изображение



тепловой метай формирует на выходных электродах КЧ ПТИ плечевые видеосигналы, которые поступают по трехпроводной линии связи в сбалансированную мостовую схему 16 включения фотоприемника. С выходных нагрузочных резисторов мостовой схемы плечевые видеосигналы подаются параллельно на входы дифференциального усилителя 17 и суммирующего усилителя 18. Дифференциальный усилитель формирует разностный сигнал  $U_{\Delta}$  разбалансировки мостовой схемы. Функциональная зависимость величины и знака разностного сигнала от координаты ЭЦИ описывается пеленгационной (т.е. координатной) характеристикой (ПХ) КЧ ПТИ (фиг.5) (Ишанин Г.Г. Приемники излучения оптических и оптико-электронных приборов. - Л.: Машиностроение, 1986, с.79-86).

В процессе движения тепловой метки на выходе ДУ формируется временная развертка разностного сигнала, т.е. - пеленгационный видеосигнал  $U_{\Delta}(t)$  (фиг.4а), который поступает на измерительный вход нуля-органа 19. Ноль-орган в момент, когда пеленгационный видеосигнал принимает нулевое значение, генерирует строб-импульс  $U_C(t)$  (фиг.4в), который подается на соответствующий вход таймера 8. Строб-импульсы от первого нуля-органа 19.1 (стартовые) поступают на вход разрешения счета времени, а строб-импульсы от второго нуля-органа 19.2 (финишные) - на вход запрета счета времени. Таким образом определяется время  $\Delta t$  переноса тепловой метки по контрольному участку длиной  $L$ . В оцифрованном виде значения  $\Delta t$  поступают на вход вычислителя 7.

Вычислитель вычисляет значение местной скорости  $V$  потока (т.е. скорости метки) и по средней скорости потока, определяемой через коэффициент пересчета, вычисляет объемный расход  $G$  (при известной плотности текучей среды - также массовый расход), значение которого отображается на индикаторе 6. Цифровое значение скорости  $V$  тепловой метки подается на первый измерительный вход контроллера 5 нагрева, который при наличии измеренного значения  $K_{\phi}$  на втором входе и уставок  $\{D\}$  на установочном входе задает величины мощности  $P_{и}$  и длительности  $\tau_{и}$  импульса нагрева. Этим импульсом начинается очередной цикл измерения.

Для того чтобы не допустить возможность ложных измерений и заблокировать ложные сигналы от нуля-органов, в расходомер введена электрическая цепь формирования временных окон для приема-передачи измерительных строб-импульсов. Эта цепь состоит из двух суммирующих усилителей - 18.1 (СУ1) и 18.2 (СУ2) и блока 20 сравнения. Работает она следующим образом. При попадании тепловой метки в поле зрения одного из детекторов, допустим - первого, на выходе СУ1 появляется суммарный видеосигнал  $U_{\Sigma}(t)$  (фиг.4б) - сумма плечевых видеосигналов, снимаемых с нагрузочных резисторов первой мостовой схемы 16.1 (фиг.3). При этом на выходе СУ2 присутствует незначительное напряжение от теплового фона, создаваемого текучей средой. Видеосигнал от СУ1 и фоновое напряжение от СУ2 поступают на соответствующие первый и второй входы блока 20 сравнения, в котором взаимно вычитаются. В результате на первом выходе блока сравнения появляется положительный позиционный сигнал, равный по длительности суммарному видеосигналу от СУ1. Этот позиционный сигнал подается в качестве разрешающего синхроимпульса на синхронизирующий вход первого нуля-органа 19.1. Таким образом формируется временное окно разрешения на генерацию стартового (от первого регистратора) строб-импульса. Временное окно разрешения на генерацию финишного (от второго регистратора) строб-импульса формируется аналогичным образом при появлении тепловой метки в поле зрения второго детектора. При этом позиционный сигнал синхронизации имеет отрицательную полярность и появляется на

втором выходе блока сравнения 20 (фиг.1). В то время, когда тепловая метка отсутствует в поле зрения обоих детекторов и на выходах ДУ1 и ДУ2 нулевые напряжения, тогда состояние сигналов в цепи синхронизации таково: на выходах СУ1 и СУ2 присутствуют одинаковые фоновые напряжения, и в результате их взаимного вычитания на выходе блока сравнения образуется нулевой потенциал, который запрещает по синхронизирующим входам нуль-органов генерацию измерительных строб-импульсов.

Из литературных источников известно, что типичный диапазон нагрева тепловых меток выбирают в окрестности температур порядка  $(70-500)^\circ\text{C}$ . Это соответствует спектральным максимумам длины волн излучения  $\lambda_{\text{max}}=(4-9)$  мкм (в обратном порядке соответствия) согласно закону спектрального смещения Голицина-Вина. Для детектирования излучения в этом спектральном диапазоне применяют серийно выпускаемые ПТИ болометрического (БМ), пироэлектрического (ПЭ) и фотоэлектрического (ФЭ) типов (Юшин А.М. Оптоэлектронные приборы и их зарубежные аналоги. Справочник в 5-ти томах. - М.: Радио Софт, 1999-2007, т.5). Каждый из этих типов имеет свою целевую специфику применения. Болометры и пироэлектрики обладают тем преимуществом, что равномерно чувствительны к излучению в широком спектральном диапазоне, как правило, от (1-2) мкм до (15-20) мкм. В физическом отношении для работы с ИК источниками излучения более эффективны охлаждаемые ПТИ. Однако они дороги, конструктивно сложны, громоздки и неудобны в эксплуатации, так как требуют периодического пополнения расходоемого хладагента. Поэтому для относительно не далекого ИК-диапазона излучения, (4-9) мкм, возможно и целесообразно использовать малогабаритные неохлаждаемые БМ и ПЭ ПТИ, типовой ряд которых довольно обширен. В этом ряду выпускается много марок ПТИ с двух- и многоплощадными чувствительными элементами, например: БП-5Б, БКМ-4, НБГ-2, БП-3В, БП-7, БП-8 и другие. Дифференциально-мостовая схема включения смежных чувствительных площадок позволяет предать этим ПТИ функцию координатной чувствительности и обеспечивает при этом инвариантность координирования ЭЦИ по отношению к фоновой засветке.

Быстродействие болометрических (постоянная времени  $\tau \sim 10^{-3}$  с) и пироэлектрических ( $\tau \sim 10^{-4}$  с) ПТИ превышает на несколько порядков быстродействие терморезисторных преобразователей ( $\tau \sim 1$  с). Это обеспечивает по оценочному расчету измерение скоростей тепловых меток болометрами до значений порядка (50-60) м/с, а пироэлектриками - до значений (500-600) м/с соответственно, что существенно превышает реальные скорости тепловых меток. Еще большими возможностями по быстродействию обладают координатно-чувствительные ИК-фотоприемники ( $\tau \sim 10^{-5}$  с).

Однако главное достоинство тепловой меточной расходомерии целесообразно рассматривать в той области измерений, в которой у нее нет альтернативы, а именно - в прецизионном измерении сверхмалых скоростей и расходов потоков, например, для нанoeлектронных технологий или для регистрации и измерения малых утечек в магистральных трубопроводах.

По оценочному расчету для измерительного трубопровода с длиной контрольного участка 100 мм и диаметром порядка 50 мм абсолютная статическая погрешность координирования ЭЦИ тепловой метки ИК-фотоэлектрическим КЧ ПТИ, при его типовой разрешающей способности 10 мкм и типичных параметрах ИК-оптической системы, не превышает значений порядка 0,1 мм, а относительная суммарная погрешность координирования на двух детекторах не превышает 0,2%. Такой же

порядок значений должны иметь статические погрешности измерения величин скорости и расхода.

Точностные показатели тепловых меточных расходомеров, построенных на основе координатно-чувствительных приемников теплового излучения, значительно  
5 превышают аналогичные показатели расходомеров, в которых использованы терморезистивные преобразователи.

Из патентной и научно-технической литературы не известны вышеизложенные отличительные признаки расходомера в их заявленной совокупности и полезной  
10 целенаправленности. Это позволяет сделать вывод о том, что «изобретение является новым» и соответствует критерию «изобретательский уровень».

Технический результат, полученный в изобретении, заключается в повышении точности измерения расхода потока газа или жидкости при расширении диапазона  
15 измеряемых расходов.

#### Формула изобретения

Оптико-электронный расходомер потока газа или жидкости, содержащий измерительный трубопровод с выравнивателем потока на входе, управляемый  
20 генератор тепловой метки с импульсным нагревателем, контроллер нагрева, подключенный выходом к управляющему входу генератора, индикатор расхода, вычислитель скорости и расхода потока, подключенный первым выходом, информирующим о расходе, ко входу индикатора, а вторым выходом,  
25 информирующим о скорости - к первому входу контроллера, снабженный разрешающим и запрещающим входами таймер, подключенный выходом ко входу вычислителя, а также первый, подключенный выходом к разрешающему входу таймера, и второй, подключенный выходом к запрещающему входу таймера, - два идентичных регистратора тепловой метки, каждый из которых на входе содержит  
30 тепловой детектор и на выходе - подключенный к выходным электродам детектора вторичный преобразователь, причем детекторы первого и второго регистраторов расположены относительно нагревателя разнодистантно по ходу потока на фиксированном расстоянии, образующем контрольный участок, при этом тепловой  
35 детектор выполнен в виде оптико-электронного узла, содержащего координатно-чувствительный приемник теплового излучения, снабженный центральным и двумя плечевыми выходными электродами, нанесенный на внутреннюю поверхность трубопровода отражатель-формирователь излучаемого тепловой меткой  
40 инфракрасного лучистого потока, инфракрасное окно вывода из трубопровода излучения тепловой метки и инфракрасный объектив, фокусирующий излучение тепловой метки на чувствительную поверхность приемника, причем вторичный преобразователь выполнен в виде электрической цепи, содержащей на входе в цепь мостовую схему включения координатно-чувствительного приемника,  
45 дифференциальный усилитель, суммирующий усилитель и на выходе из цепи - нуль-орган, снабженный измерительным и синхронизирующим входами и стробирующим выходом, причем координатно-чувствительный приемник подключен по дифференциальной схеме тремя выходными электродами к входным смежным плечам мостовой схемы, к выходным смежным плечам которой параллельно подключены  
50 входы дифференциального и суммирующего усилителей, к выходу дифференциального усилителя подключен измерительный вход нуль-органа, стробирующий выход которого соединен с соответствующим входом таймера, расходомер также содержит блок сравнения, подключенный первым и вторым входами к выходам суммирующих

усилителей соответственно первого и второго регистраторов, первым и вторым выходами, информирующими о длительности входных импульсов - ко входам синхронизации нуль-органов соответственно первого и второго регистраторов, а третьим выходом, информирующем об амплитуде входных импульсов - ко второму входу контроллера, выход которого имеет два канала: первый - для управления нагревателем по мощности импульса нагрева, второй - по длительности импульса.

10

15

20

25

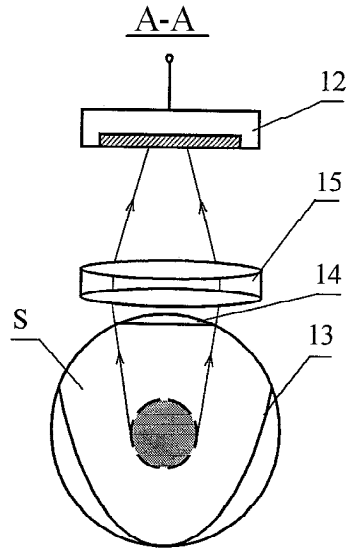
30

35

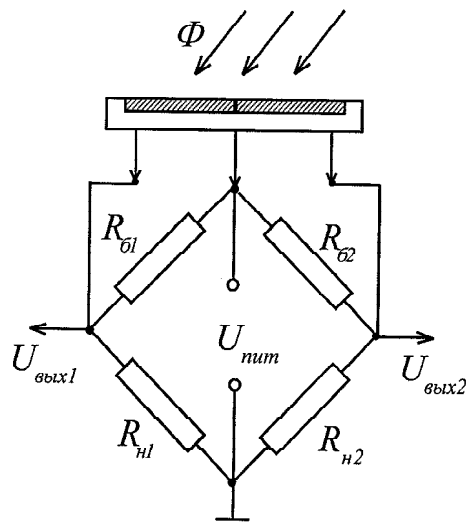
40

45

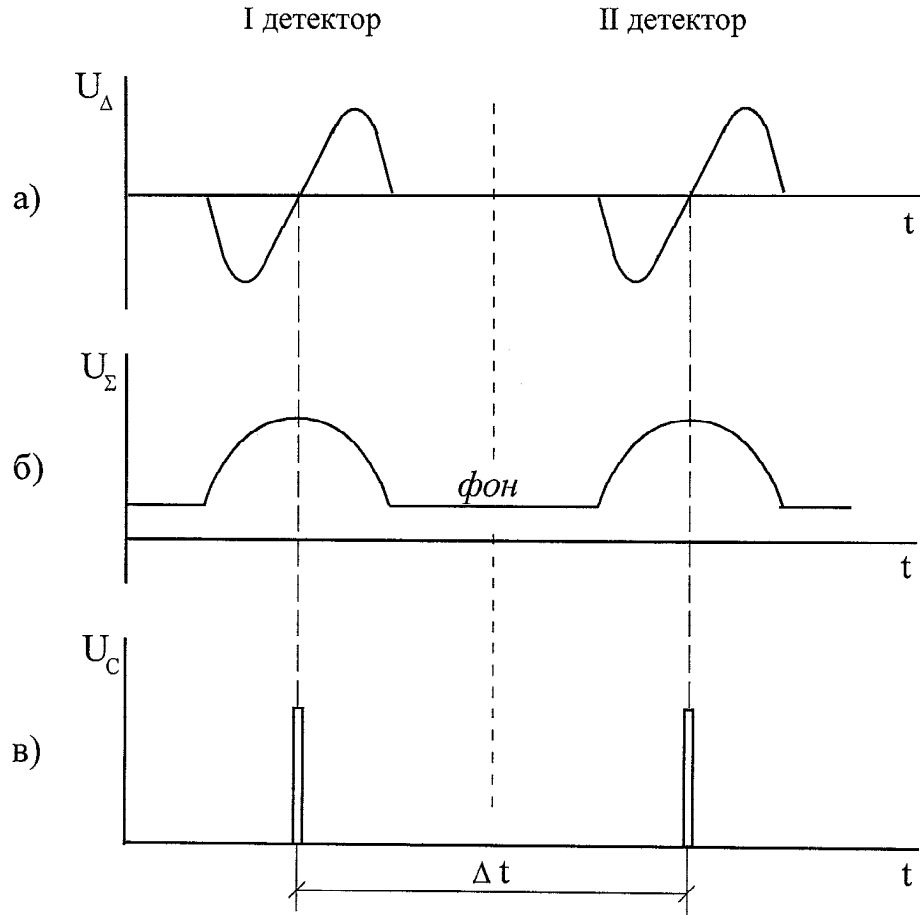
50



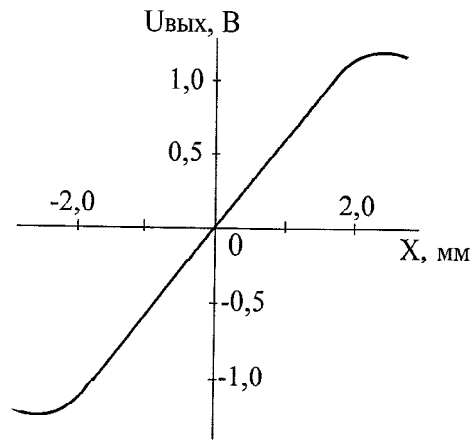
Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5