



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G01F 1/74 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2020126878, 11.08.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.08.2020

Дата регистрации:  
21.12.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.08.2020

(45) Опубликовано: 21.12.2020 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

117997, Москва, ГСП-7, ул. Профсоюзная, 65,  
ИПУ РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Беляев Михаил Михайлович (RU),  
Попов Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт проблем  
управления им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2060467 С1, 20.05.1996. UA 23910  
U, 11.06.2007. WO 2016209893 А1, 29.12.2016. KR  
100974515 В1, 10.08.2010.

(54) Покомпонентный расходомер газожидкостной среды

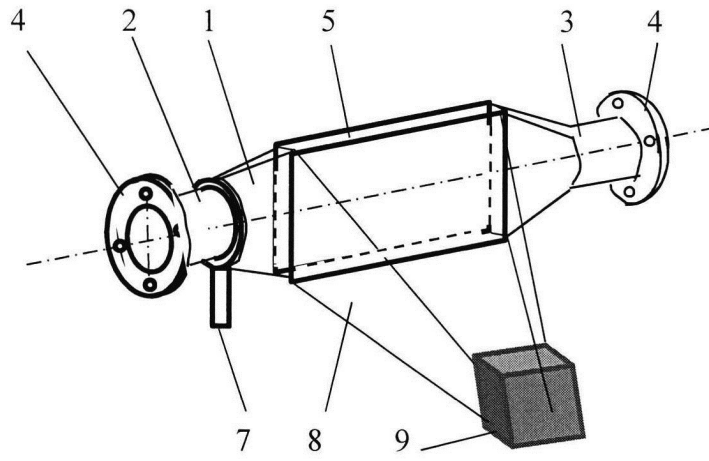
(57) Реферат:

Покомпонентный расходомер газожидкостной среды. Предложенная модель покомпонентного расходомера газожидкостной среды ГЖС относится к области измерения расхода многокомпонентных газожидкостных потоков и может быть использована в нефтяной промышленности. Техническим результатом является упрощение бесконтактного расходомера многокомпонентной газожидкостной среды, использующего единый тепловой параметр идентификации компонента, позволивший сократить аппаратную оснастку. Технический

результат достигается тем, что содержит проточный корпус с входным и выходным патрубками, снабженными крепежными к трубопроводу фланцами, измерительный участок корпуса выполнен щелеобразным прямоугольным, к плоской стороне которого посредством сужающегося прямоугольного конуса прикреплен тепловизор с вычислительным комплексом обработки информации, а входной патрубков охвачен инфракрасным импульсным нагревателем. 4 ил.

RU 201523 U1

RU 201523 U1



Фиг.1

RU 201523 U1

RU 201523 U1

Предложенная модель покомпонентного расходомера газожидкостной среды ГЖС относится к области измерения расхода многокомпонентных газожидкостных потоков и может быть использована в нефтяной промышленности.

Известен бесконтактный тепловой меточный способ измерения расхода газожидкостных потоков, реализованный в расходомере и принятый нами за прототип, состоит в последовательном измерении теплового пограничного слоя и измерении меточным методом скорости потока. Измеряется две величины:  $\Delta T$  - разность температур стенок патрубка до и после нагревателя в точках установки термопреобразователей и  $\tau$  - время прихода тепловой метки к термопреобразователю за теплонагревателем. При измерении  $\Delta T$  в поток нагревателем постоянно вводится тепло. При измерении скорости движения метки в поток вводится кратковременный тепловой импульс. По совокупности этих измерений исчисляются величины газа и жидкости (Д.Д. Булкин, Г.А. Соколов. Бесконтактный тепловой расходомер для измерения газожидкостных потоков/ж. Датчики и системы. Sensors & Systems • №12.2008).

Недостатком известного способа является сложный последовательный двухступенчатый процесс нагревания контролируемого газожидкостного потока с завышенной затратой энергии на постоянное нагревание при измерении разности температур  $\Delta T$ .

Техническим результатом является упрощение бесконтактного расходомера многокомпонентной газожидкостной среды, использующего единый тепловой параметр идентификации компонента, позволивший сократить аппаратную оснастку.

Технический результат достигается тем, что содержит проточный корпус с входным и выходным патрубками, снабженными крепежными к трубопроводу фланцами, измерительный участок корпуса выполнен щелеобразным прямоугольным, к плоской стороне которого посредством сужающегося прямоугольного конуса прикреплен тепловизор с вычислительным комплексом обработки информации, а входной патрубок охвачен инфракрасным импульсным нагревателем.

На фиг. 1 представлен общий вид расходомера.

На фиг. 2 показаны уровни приобретаемых компонентами температур.

На фиг. 3 показана термограмма проходящей с потоком тепловой метки.

На фиг. 4 показан «единичный» объем  $W$ .

Покомпонентный расходомер (фиг. 1) содержит корпус 1, входной парубок 2 и выходной патрубок 3 с крепежными фланцами 4, прямоугольный щелеобразный измерительный участок 5 с плоской стенкой 6, инфракрасный импульсный нагреватель 7, прямоугольный конус 8 и тепловизор с вычислительным комплексом обработки информации 9.

При реализации модели используется высокоскоростной научный тепловизор серии FAST фирмы Telops для инфракрасного анализа быстродействующих процессов, который автоматически адаптируется к быстрым температурным изменениям (рабочая частота кадров типоразмеров от 350 до 3000 Гц и может достигать до 100000 Гц. <https://www.cameraiq.ru/catalog/series/ohla-zhdaemyj-nauchnyj-teplovizor>).

Покомпонентный расходомер ГЖС определяет массовый расход компонентов в смеси следующим образом. Контролируемый поток ГЖС проходит через входной патрубок 2 (фиг. 1), по металлическому корпусу 1 через измерительный участок 5 к выходному патрубку 3. Во входном патрубке 2 поток равномерно по всему сечению нагревается в течение времени  $\Delta t$  инфракрасным импульсным нагревателем 7, охватывающим входной патрубок. Поскольку скорости зарядов компонентов различны из-за различных величин их полных теплоемкостей  $C$ , то за заданное время  $\Delta t$  заряда

каждый компонент нагревается на различную температуру  $T_k$  в зависимости от их удельных теплоемкостей «с», масс «m» и времени  $\Delta t$  их нагрева, т.е.

$$T_k = K_1 \cdot C_k \cdot \Delta t = K_1 \cdot c_k \cdot m_k \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $K_1$  - коэффициент пропорциональности.

Поступившие в измерительный участок 5 компоненты, например: вода, нефть и газ, нагретые до разных температур  $T_B$ ,  $T_H$  и  $T_G$  распределяются по его плоскости, контактируют с его стенкой и создают в ней, нагретые до этих разных температур местные области, термограмма которых показана на фиг. 3 с клеткой, соответствующей матрице тепловизора. Тепловизор 9 с вычислительным комплексом по ячейкам (клеткам) матрицы измеряет температуры в единичных объемах  $W$  (рис. 4) и по количеству клеток с равными температурами вычисляет размеры площадей (области), занимаемых каждым компонентом. Соотношения этих равнотемпературных площадей определяют доли  $\alpha$  масс  $M_k$  компонентов в общей массе  $M$  потока ( $\alpha = M_k/M$ ).

При изменении скорости  $V$  контролируемого потока изменяется, при неизменном заданном времени нагрева  $\Delta t$ , и длина  $L$  (фиг. 3) нагретой импульсом зоны потока. Скорость  $V$ , измеренная по времени  $\tau$  (фиг. 4) пробега тепловой метки по измерительному участку 4, корректирует измеренные тепловизором температуры и вычислительный комплекс тепловизора 9 определяет общую массу  $M$  всех компонентов и отдельно массы  $M_k$  компонентов по их долям  $\alpha$ .

Идентификация компонента по величине присущей ему температуре выполняется путем сравнения его измеренной температуры с уставками температур, полученных при пусковой настройке измерения смеси конкретных компонентов в соответствии с плотностью  $\rho$  и удельной теплоемкостью с соответствующих плотности  $\rho$  и удельной теплоемкости с каждого компонента:

$$(\rho c = 4,2 \cdot 1009)_{\text{вода}}; (\rho c = 2,1 \cdot 900)_{\text{нефть}}; (\rho c_p = 1,4 \cdot 1,29)_{\text{газ}}.$$

Каждая ячейка матрицы вычислительного комплекса тепловизора измеряет скорректированную по скорости  $V$  потока температуру, приобретенную компонентом при его нагреве одним импульсом теплового заряда. В соответствии с уравнением (1) масса  $m$  в единичном объеме  $W = a \cdot b \cdot c$  (фиг. 4) каждого компонента с учетом скорректированной температуры равна  $m_k = \rho_k W = T_k V / K_1 \cdot c_k \cdot \Delta t$ . Скорректированная по скорости  $V$  температура каждого компонента  $T_k = K_1 \rho_k W c_k \Delta t / V$ , где  $K_1$  и  $K_2$  - коэффициенты пропорциональности, преобразуется в тепловизоре в каждой ячейке матрицы в электрический сигнал  $E_{я} = K_2 T_k = K_2 K_1 \rho_k W c_k \Delta t / V$ . И общая масса  $M$  всех компонентов вычислительным комплексом определяется как сумма  $E_{я}$  всех ячеек

$$M = K_1 K_2 \left[ \left( \frac{\sum E_{я} V}{c \Delta t} \right)_B + \left( \frac{\sum E_{я} V}{c \Delta t} \right)_H + \left( \frac{\sum E_{я} V}{c_p \Delta t} \right)_G \right].$$

Раздельно массы компонентов подсчитываются как  $M_k = \alpha_k M$ . Например для газожидкостного потока воды, нефти и газа:  $M_B = \alpha_B M$ ,  $M_H = \alpha_H M$ ,  $M_G = \alpha_G M$ .

Таким образом обеспечивается построение упрощенного бесконтактного многокомпонентного расходомера, использующего единый температурный параметр идентификации компонентов и позволивший сократить аппаратную оснастку и при этом применить стандартный тепловизор.

#### (57) Формула полезной модели

Покомпонентный расходомер газожидкостной среды, характеризующийся тем, что

содержит проточный корпус с входным и выходным патрубками, снабженными крепежными к трубопроводу фланцами, измерительный участок корпуса выполнен щелеобразным прямоугольным, к плоской стороне которого посредством сужающегося прямоугольного конуса прикреплен тепловизор с вычислительным комплексом  
5 обработки информации, а входной патрубок охвачен инфракрасным импульсным нагревателем.

10

15

20

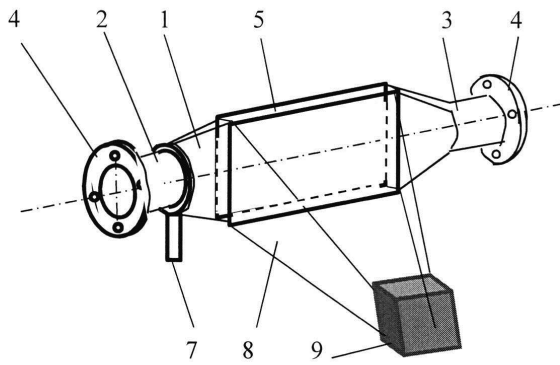
25

30

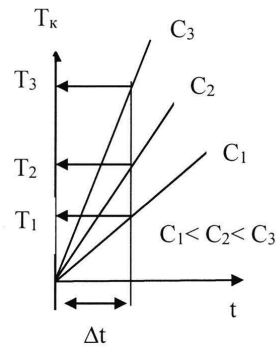
35

40

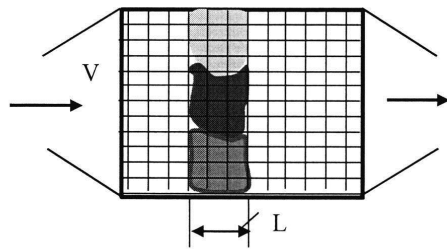
45



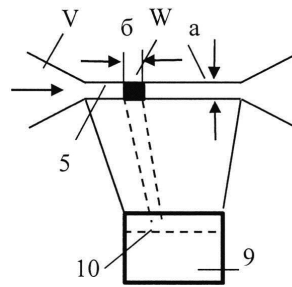
Фиг.1



Фиг. 2



Фиг.3



Фиг.4