



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G01F 1/05 (2018.02)*

(21)(22) Заявка: 2018109385, 16.03.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.03.2018

Дата регистрации:  
19.06.2018

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 16.03.2018

(45) Опубликовано: 19.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:  
117997, Москва, ГСП-7, ул. Профсоюзная, 65,  
ИПУ РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Попов Александр Иванович (RU),  
Беляев Михаил Михайлович (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 168831 U1, 21.02.2017. RU  
2572461 C2, 10.01.2016. RU 2157967 C2,  
20.10.2000.

(54) **Расходомер с переменной структурой**

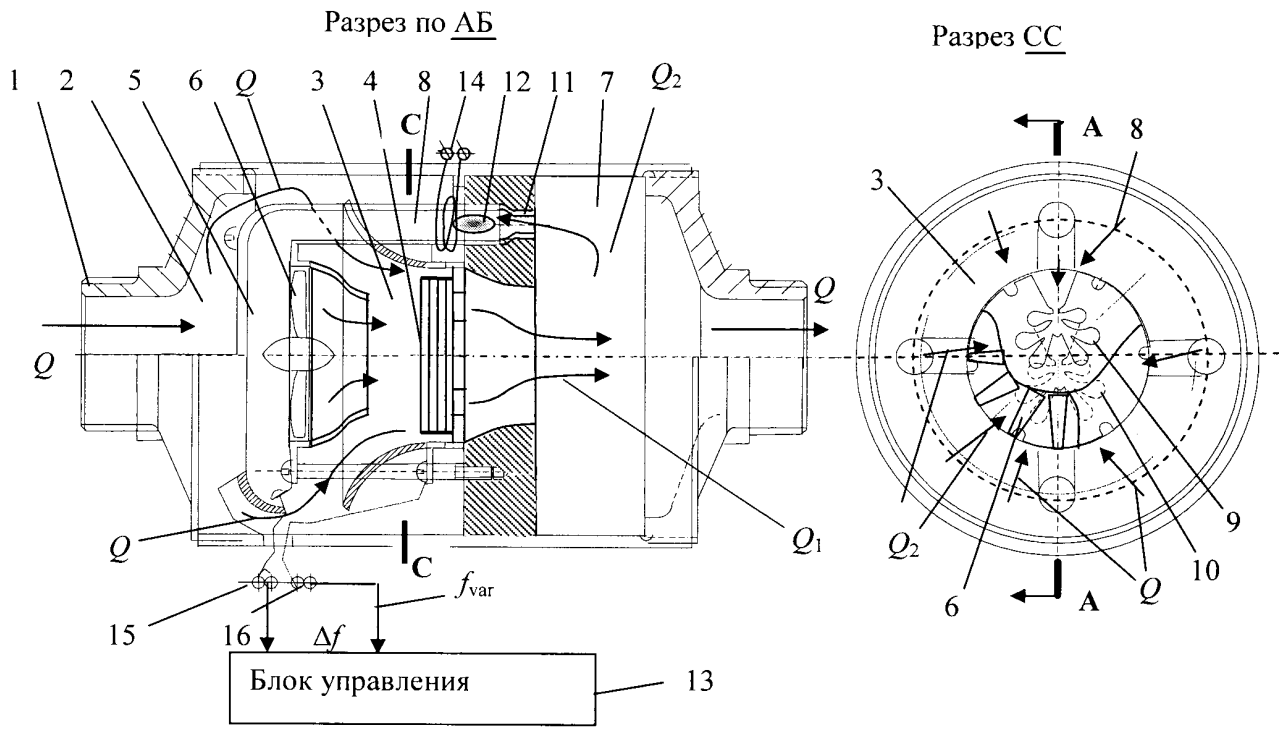
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области измерительной техники и может быть использована в системах измерения газообразных сред. Расходомер с переменной структурой содержит проточную трубу с размещенными внутри по потоку в основном канале камерой входа с крыльчаткой, управляемой приводом, струйным генератором с пневмоэлектропреобразователем, при этом

камера выхода соединена с камерой входа профильным каналом реверса, снабженным электроклапаном. Технический результат - расширение диапазона измерения управляемым реверсом потока с изменением структуры расходомера, понижение начальной величины измерения, не снижая верхнего предела диапазона, уменьшения погрешности измерения расхода. 2 ил.

RU 180586 U1

RU 180586 U1



Фиг.1

RU 180586 U1

RU 180586 U1

Полезная модель относится к области измерительной техники и может быть использована в системах измерения газообразных сред.

Известны парциальные измерители расхода среды (П.П. Кремлевский. Расходомеры и счетчики количества веществ. Политехника.С-П. 2002. с. 99). Недостатки устройств измерения состоят в увеличенной погрешности измерения и конструктивной доработки выводных каналов обводной трубки.

Известно устройство измерения расхода текучей среды (RU 2157967, С2, 21.05.1998). Часть потока среды после магистрального расходомера возвращают через вспомогательный расходомер и ограничительный дроссель в магистраль перед насосом и расход на рабочую нагрузку определяют, как разность расходов через магистральный и вспомогательный расходомеры. Этот прием позволяет сместить зону измерения магистрального расходомера в необходимый пониженный диапазон. Однако, диапазон измерения смещается при наличии линии обратного потока, которая понижает порог чувствительности и вместе с ним снижает верхнюю границу измерения.

В техническом описании цифрового расходомера потока газа серии М компании Актан. ([http://www.actan.ru/vac\\_gascontroll\\_gas-flow\\_3\\_1.html](http://www.actan.ru/vac_gascontroll_gas-flow_3_1.html)) показан диапазон измерения объемного расхода различных газов равный 200 с одновременным измерением массового расхода, при этом используются свойства ламинарного течения потока, реализованных в спецконструкции. Объемный расход газа определяется по линейной зависимости от перепада давления и по уравнению Пуазейля (Internally Compensated Laminar - ICL) проводятся вычисления.

Чтобы произвести необходимые вычисления для определения массового расхода, данные с него поступают на микропроцессор и обрабатываются вместе с данными от дискретного датчика абсолютной температуры. Недостатком известного устройства - наличие спецконструкции для обеспечения ламинарного потока, первичная информация извлекается в аналоговой форме и далее преобразуется в дискретную, под каждый диапазон своя конструкция, погрешность измерения более 2%.

Известен измеритель потока среды (RU 2572461 С2, 10.01.2016), принятый за прототип, содержит проточную трубу с размещенным внутри струйным генератором и часть потока возвращают через вспомогательный расходомер в основной канал для понижения порога чувствительности. Недостатком устройства является наличие в схеме измерения дополнительного расходомера, который усложняет процедуру измерения. Дополнительный прибор всегда удорожает эксплуатацию, связанную с его аттестацией, увеличивает комплект оборудования, уменьшает общий ресурс измерителя.

Техническим результатом является расширение диапазона измерения управляемым реверсом потока с изменением структуры расходомера, понижение начальной величины измерения, не снижая верхнего предела диапазона, уменьшения погрешности измерения расхода.

Технический результат достигается тем, что предложенный расходомер с переменной структурой по модели содержит проточную трубу с размещенными внутри по потоку в основном канале камерой входа с крыльчаткой, управляемой приводом, струйным генератором с пневмоэлектропреобразователем, при этом камера выхода соединена с камерой входа профильным каналом реверса, снабженным электроклапаном.

На фиг. 1 представлена конструкция расходомера в продольном разрезе по потоку по АБ и в поперечном сечении по СС.

На фиг. 2 приведены статическая характеристика расходомера в координатах частота от расхода среды  $f=F(Q)$  на трех участках измерения расхода газа.

На разных участках измерения расхода с помощью активного управляемого реверса

потока изменяется структура самого расходомера. В предложенной модели информация о расходе получена непосредственно сразу же в дискретной форме при линейной зависимости между объемным расходом и частотой колебаний давления струйного генератора.

5 Устройство, в котором используется метод измерения объемного расхода газа и организован реверс потока газа, позволяет усилить измеряемый малый поток газа и снизить порог чувствительности. В расходомер на базе струйного генератора колебаний давления с частотным сигналом на выходе был встроен реверс потока в схему измерения с электронным управлением (фиг. 1). Реверс потока по отдельному каналу (байпасу)  
10 обеспечивался насосом, а в качестве насоса применена крыльчатка с приводом.

По потоку в трубе расположены: крыльчатка с приводом, далее струйный генератор.

Первая часть характеристики измерения - крыльчатка своим приводом подкачивает (увеличивает) по каналу реверса (байпасу) расход до устойчивого значения расхода, измеряемого струйным генератором. Расход вычисляется.

15 Вторая часть характеристики измерения - измерение расхода ведется струйным генератором при отсутствии перетечек через байпас.

Третья часть характеристики измерения - измерение расхода струйным генератором с байпасом, т.е. в режиме парциального измерения расхода.

20 Частота колебаний электросигналов пневмо-электропреобразователя пропорциональна объемному расходу газа, а число колебаний - объему газа, прошедшему через комбинированный расходомер газа.

Расходомер газа (фиг. 1) содержит проточную трубу 1 с размещенными внутри по потоку в основном канале 2 камерой входа 3 и струйным генератором 4 из трех элементов 9, 10 (третий не показан) с пневмо-электропреобразователем ПЭП (например, пьезо-преобразователем), входом 5 и крыльчаткой 6, управляемой приводом, камерой  
25 выхода 7, соединенной профильным каналом 11 реверса, снабженного клапаном 12, с камерой входа 5 крыльчатки 6, и автоматику вычисления расхода газа 13.

Автоматика измерения и вычисления расхода газа в виде блока закреплена непосредственно на трубе 1 и состоит из 3-х алгоритмов вычисления. Принимаются  
30 числовые значения участков расхода. Например, в первой части 20-300 л/ч (до 300 л/ч струйный генератор физически не работает, нет колебаний), во второй части 300-6000, в третьей части 6000-8000 л/ч. Эти поддиапазоны показаны на фиг. 2.

В первой части диапазона, когда расходомер работает в области измерения пониженного расхода, работает первый алгоритм по следующей схеме: при  
35 недостаточном уровне расхода  $Q$  по основному каналу 2 для работы струйного генератора 4, устойчивая работа которого начинается с 300 л/ч, к потоку канала 2 присоединяется поток реверса  $Q_2$  по каналу 8 по сигналу блока управления 13.

Признаком начала работы крыльчатки 6 является отсутствие частоты  $f_{var}$ , снимаемой с ПЭП струйного генератора 4. Расход  $Q_2$  обеспечиваемый крыльчаткой 6 и  
40 циркулирующий через струйный генератор с выхода на его вход, изменяется инверсно и прямо пропорционально приращениям расхода основного канала 2 по сигналам блока управления 13 через контакты 16 для поддержания работы и постоянства выходной частоты  $f_{const}$  струйного генератора 4. В этом случае работает система измерения, замкнутая отрицательной обратной связью. Сигнал ПЭП от струйного  
45 генератора 4 подается через клеммы 16 в блок управления 13. В диапазоне измерения расхода до т.А индикатор блока управления 13 фиксирует расход газа по формуле  $Q=Q_1-Q_2$ . В первой части диапазона по команде блока 13 управления через клеммы 14

клапан 12 находится в открытом положении для обеспечения потока реверса.

Во второй части диапазона, начиная с т.А (фиг. 2), крыльчатка 6 выключена из работы по поддержанию частоты  $f_{const}$  и достигнут измеренный расход 300 л/ч в основном канале 2. В блоке управления работает второй алгоритм по следующей схеме:

5 по частоте соответствующей расходу 300 л/ч начинает работу самостоятельно струйный генератор 4 в диапазоне измерения 300-6000 л/ч, доступный интервал физической работы струйного генератора с погрешностью 1-1.5% и перепаде давления до 200 Па. Это наиболее сложный участок измерения для работы блока управления для поддержания расхода нулевого между камерами 3 и 7 по линии канала реверса 8.

10 При постепенном увеличении перепада давления на расходомере и расхода  $Q$  в сети блок управления 13 выдает команду на привод крыльчатки 6 для снижения расхода  $Q_2$  и поддержания постоянства расхода  $Q_1$ . Одновременно изменение величины частоты  $\Delta f$ , которая обратно пропорциональна  $\Delta Q_2$ , вычисляется на электронном уровне и фиксируется индикатором в блоке управления 13 как фактически замеренный

15 измерителем расход  $Q$  газа. При изменении величины потока  $Q$ , например, при увеличении, пропорционально уменьшается величина потока реверса  $Q_2$ . Расход  $Q_2$ , развиваемый крыльчаткой 6, управляется блоком управления 13, сравнивающий сигналы  $\Delta f = f_{var} - f_{const} \Delta \Gamma$ .

20 По мере увеличения расхода сети уменьшается до нуля расход  $Q_2$ , развиваемый крыльчаткой 6, и работа крыльчатки прекращается по достижению  $\Delta f = f_{max}$ , соответствующая начальному потоку по каналу реверса 8, одновременно выключается из работы электрогенератор блока управления 13. Этот момент отражен т.А на характеристике  $f = F(Q)$  (фиг. 2).

25 Во второй части диапазона крыльчатка 6 не работает и канал 8 реверса перекрыт электроклапаном 12 по сигналу на электроцепь 14 от блока управления 13 и поток реверса  $Q_2 = 0$ . Полный расход будет  $Q = Q_1$  и проходит только через струйный генератор 4, что отражено на статической характеристике по фиг. 2 в диапазоне расходов 300-6000 л/ч.

30 В третьей части диапазона по достижению параметра  $f = k_1 Q = 6000$  л/ч блок управления выключает клапан 12 и удерживает его в открытом состоянии при работе расходомера в диапазоне 6000-8000 л/ч. В этой части диапазона измерение расхода происходит по парциальному методу. Минимизация погрешности измерения достигается установкой профилированного устья 11 каналов 8 реверса, отражающего свойства сопел струйных элементов 9, 10 струйного генератора 4, и фактически повторяющих режимы течения по числу  $Re$ . Для дополнительного подтверждения замеров расхода в этом диапазоне выполняется тарировка.

40 Для практического примера возвратимся к первой части диапазона. Измерительная работа струйного генератора (фиг. 2, линия  $Q_2$ ) и потока реверса  $Q_2$  начинается с условного нуля, например, назначено  $Q_{20} = 20$  л/ч (условно  $f = 10$  Гц). Величина расхода  $Q_1$  поддерживается постоянной (линия  $Q_1$ ) по основному каналу 2, например, 300 л/ч. Приращения расхода  $Q$  при поддержании расхода  $Q_1 = const$  на выбранном уровне,

45 подаются для отсчета показаний на индикатор блока управления 13. Таким образом, измерение начинается с произвольно заданной начальной величины  $Q_1 = 20$  л/ч, которую можно выбрать и менее, но это определяется порогом чувствительности крыльчатки 6. При выбранных начальных условиях расход  $Q < 20$  л/ч не измеряется.

Предложенная модель позволяет в процедуре измерения расхода применить к текущему диапазону свою структуру расходомера, различную от диапазона к диапазону, снизить порог чувствительности расходомера, тем самым расширить диапазон измерения расхода и увеличить верхний порог измерения.

5

(57) Формула полезной модели

Расходомер с переменной структурой, характеризующийся тем, что содержит проточную трубу с размещенными внутри по потоку в основном канале камерой входа с крыльчаткой, управляемой приводом, струйным генератором с  
10 пневмоэлектропреобразователем, при этом камера выхода соединена с камерой входа профильным каналом реверса, снабженным электроклапаном.

15

20

25

30

35

40

45

Расходомер с переменной структурой

