



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012151050/28, 28.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2014 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 10.08.2014 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2278969 С1, 27.06.2006 . RU 2346154 С1, 10.02.2009 . Л.Л. Бошняк, Л.Н. Бызов Тахометрические расходомеры, Изд. "Машиностроение", Ленинград, 1968, с. 192-205. В.Б. Карпинская, Ю.А. Комаров, М.Д. Силин, Л.Н. Шонин "Шариковые расходомеры с тангенциальным подводом и отводом измеряемой среды", сборник МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И (см. прод.)

Адрес для переписки:

614065, г.Пермь, ш. Космонавтов, 395, ЗАО  
"Новомет-Пермь", Н.П. Масленникову

(72) Автор(ы):

Пещеренко Марина Петровна (RU),  
Пещеренко Сергей Николаевич (RU),  
Рабинович Александр Исаакович (RU),  
Пошвин Евгений Вячеславович (RU),  
Плотников Олег Александрович (RU),  
Хорошев Евгений Сергеевич (RU),  
Уфимцев Дмитрий Иосифович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

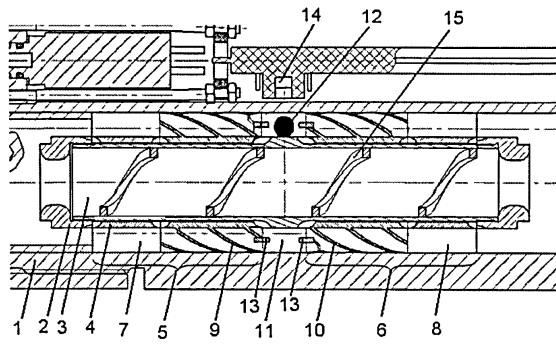
Закрытое акционерное общество "Новомет-Пермь" (RU)

## (54) ТАХОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСХОДОМЕР (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Тахометрический расходомер содержит проточный корпус с центральным осевым каналом и коаксиальным кольцевым измерительным каналом, узел контроля за вращением чувствительного элемента. Внутри измерительного канала расположены входной и выходной направляющие аппараты в виде втулок с лопастями, между которыми выполнена кольцевая канавка для вращения чувствительного элемента. Входной направляющий аппарат выполнен с прямыми радиальными лопастями, переходящими по ходу потока в винтовые лопасти, а выходной направляющий аппарат - с

винтовыми лопастями на входе, переходящими по ходу потока в прямые радиальные лопасти. Кольцевая канавка ограничена в радиальном направлении внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах входного и выходного направляющих аппаратов. Технический результат - повышение точности измерения расхода жидкостей с изменяющейся плотностью и вязкостью в широком диапазоне подач. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПАРА, Москва 1973, с. 49-52. JP 61059213 A, 26.03.1986

RU 2524916 C2

RU 2524916 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012151050/28, 28.11.2012

(24) Effective date for property rights:  
28.11.2012

Priority:

(22) Date of filing: 28.11.2012

(43) Application published: 10.06.2014 Bull. № 16

(45) Date of publication: 10.08.2014 Bull. № 22

Mail address:

614065, g.Perm', sh. Kosmonavtov, 395, ZAO  
"Novomet-Perm", N.P. Maslennikovu

(72) Inventor(s):

Peshcherenko Marina Petrovna (RU),  
Peshcherenko Sergej Nikolaevich (RU),  
Rabinovich Aleksandr Isaakovich (RU),  
Poshvin Evgenij Vjacheslavovich (RU),  
Plotnikov Oleg Aleksandrovich (RU),  
Khoroshev Evgenij Sergeevich (RU),  
Ufimtsev Dmitrij Iosifovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "Novomet-Perm" (RU)

(54) **TACHOMETRIC FLOW METER (VERSIONS)**

(57) Abstract:

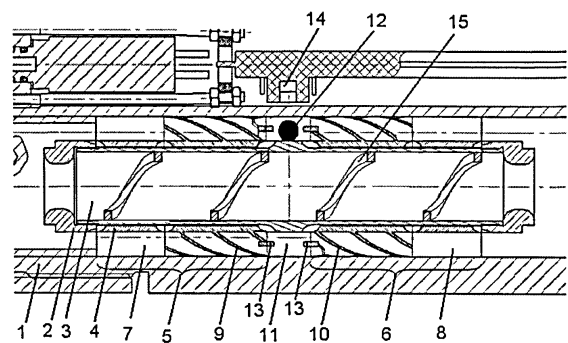
FIELD: instrumentation.

SUBSTANCE: tachometric flow meter contains a flow-through body with a central axial channel and a coaxial ring measurement channel and a unit for control of the sensor element rotation. Positioned inside the measurement channel are the input and the output guiding apparatus in the form of plugs with blades between which a ring groove for the sensor element rotation is made. The input guiding apparatus has straight radial blades that transform into helical blades downstream while the output guiding apparatus has helical blades that transform into straight radial blades downstream. The ring groove is limited in the radial direction with the body inner wall and the plug outer wall and in the axial direction - with the rings installed at the interfacing butt ends of the input and the output guiding

apparatus.

EFFECT: improving accuracy of measurement of flow rate of liquids with variable density and viscosity within a wide supply range.

15 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения расхода жидкостей, в том числе в качестве погрязного расходомера для водонефтяных смесей.

Известен тахометрический шариковый расходомер, содержащий корпус с цилиндрическим проточным каналом и кольцевой непроточной вихревой камерой, в которой свободно размещен чувствительный элемент в виде шарика, коаксиально установленную в канале и консольно закрепленную перед вихревой камерой втулку с завихрителем на заднем ее торце, образующую за вихревой камерой кольцевую щель с корпусом, сообщающую вихревую камеру с проточным каналом, и узел съема сигнала, причем в корпусе за кольцевой щелью выполнена дополнительная кольцевая вихревая камера, открытая со стороны оси (авт.свид-во №1051379 СССР, кл. G01F 1/05, G01F 1/10, опубл. 30.10.83). Жидкость, проходящая через центральный конфузорный проточный канал, попадает на лопатки завихрителя, благодаря которым в дополнительной вихревой камере создаются устойчивые тороидальные вихри с высокой степенью турбулентности. Вращающийся в дополнительной вихревой камере поток вовлекает во вращение через кольцевую щель жидкость, находящуюся в кольцевой непроточной камере, а жидкость, в свою очередь, шарик, частота вращения которого пропорциональна расходу жидкости и определяется с помощью узла съема сигнала.

К недостаткам описанного устройства можно отнести возможность локального изменения свойств многофазной жидкости в непроточной вихревой камере, например, за счет накопления и объединения газовых пузырьков или твердых частиц, что приведет к изменению режима течения жидкости и изменению частоты вращения шарика при одном и том же расходе. Кроме того, точность показаний расходомера будут зависеть от вязкости жидкости, что существенно ограничивает область применения описанного расходомера в условиях нестабильных значений вязкости.

Известна также конструкция тахометрического расходомера, содержащего шариковый преобразователь расхода ШАДР и магнитоиндукционный узел съема сигнала МИЛ (Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. - Ленинград: «Машиностроение», 1989, 704 с., с.299-300). Преобразователь содержит установленную в корпусе между патрубками кольцевую камеру с шаром, полость которой соединена с проточной частью кольцевой щелью, расположенной со стороны выходного патрубка. Внутри кольцевой щели размещен трехлопастный завихритель потока. МИЛ установлен с наружной стороны корпуса в плоскости орбиты вращения шара. Контролируемый поток жидкости проходит по центральному каналу кольцевой камеры, закручивается завихрителем и покидает корпус через выходной патрубок. Вращение потока передается по кольцевой щели в полость кольцевой камеры и приводит в движение шар, частоту вращения которого контролирует МИЛ.

К недостаткам известной конструкции следует отнести малый срок службы вследствие высоких скоростей жидкости на выходе завихрителя, вызывающих при наличии в жидкости абразивных частиц быстрый износ шарика. Другим существенным недостатком таких расходомеров является невозможность их применения для измерения расхода жидкости с меняющимися свойствами: вязкостью и плотностью.

В качестве прототипа настоящего изобретения выбран тахометрический расходомер, состоящий из составного проточного корпуса с центральным осевым и коаксиальным измерительными каналами, входного направляющего аппарата с радиальными косыми лопатками, установленного на входе измерительного канала, выходного направляющего аппарата с радиальными прямыми лопатками, размещенного на выходе измерительного канала, кольцевой торообразной канавки, выполненной в теле корпуса между входным

и выходным направляющими аппаратами, в которой размещен шарик, и узла контроля за круговыми движениями шарика по кольцевой канавке (патент РФ №2 278 969 С1, МПК E21B 47/10, G01F 1/06, опубл. 27.06.2006). В известной конструкции шарик непрерывно движется по кругу под действием закрученного потока, выходящего из входного направляющего аппарата. Угловая скорость (частота вращения) шарика является мерой расхода жидкости по измерительному каналу и фиксируется с помощью узла контроля, установленного напротив орбиты вращения шарика.

Методика определения подачи по частоте вращения шарика в любом тахометрическом расходомере довольно проста. Частота зависит от двух групп параметров: к первой группе относятся параметры, определяющие геометрию расходомера - это размеры проточных каналов, радиус шарика и его масса (или плотность материала шарика), размер канавки, в котором вращается шарик, радиус орбиты шарика; ко второй группе относятся параметры, характеризующие изучаемую среду - это объемный расход жидкости, ее вязкость и плотность. Зафиксировав параметры первой группы конкретным исполнением расходомера, можно получить зависимость частоты вращения шарика от объемного расхода жидкости с заданными свойствами (вязкостью и плотностью). Обычно в этом случае диапазон измеряемых расходов ограничивается линейным участком зависимости расхода от частоты, т.е. имеет место простая функциональная связь между объемным расходом  $Q$  и частотой вращения шарика  $f$ :  $Q = a_1 f + a_2$ . Коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$  определяются в стендовых условиях на стадии калибровки расходомера. По измеренной частоте вращения шарика и известным  $a_1$  и  $a_2$  можно вычислить объемный расход жидкости.

Однако геометрия проточного канала в описанном прототипе не позволяет проводить измерения расхода пластовой жидкости с высокой точностью, поскольку измерительный периферийный канал в месте выполнения торообразной канавки для шарика переходит в наклонный участок, ориентированный от периферии к центру, в результате чего создаются условия для возникновения на повороте различных вихревых структур в турбулентном потоке при разных расходах. Кроме того, канавка для шарика сверху закрыта, что приводит к накапливанию различных примесей, пузырьков воздуха, содержащихся в перекачиваемой жидкости, которые могут локально менять плотность жидкости на уровне замера, а значит и скорость вращения шарика. Таким образом, описанный расходомер очень чувствителен к изменению свойств жидкости, а также к наличию в жидкости различных включений и примесей и не может использоваться в качестве универсального измерительного прибора для водонефтяных смесей.

Настоящее изобретение решает техническую задачу создания погружного тахометрического расходомера, который позволил бы с более высокой точностью в широком диапазоне измерять расход жидкостей с изменяющейся плотностью и вязкостью, в том числе при эксплуатации оборудования в условиях, осложненных содержанием песка, газа, выпадением солей, парафинов или асфальтенов.

Указанный технический результат достигается тем, что в тахометрическом расходомере, содержащем проточный корпус с центральным осевым каналом и коаксиальным кольцевым измерительным каналом, расположенные внутри измерительного канала входной и выходной направляющие аппараты в виде втулок с лопастями, между которыми выполнена кольцевая канавка для вращения чувствительного элемента, и узел контроля за вращением чувствительного элемента, согласно изобретению входной направляющий аппарат выполнен с прямыми радиальными лопастями, переходящими по ходу потока в винтовые лопасти, а выходной направляющий аппарат - с винтовыми лопастями на входе, переходящими по ходу

потока в прямые радиальные лопасти, кольцевая канавка ограничена в радиальном направлении внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах входного и выходного направляющих аппаратов. При этом чувствительный элемент

5 может быть выполнен в виде шарика, многогранника (например, октаэдра) или тела иной формы. Во избежание влияния вязкости на точность измерения расхода в центральном осевом канале вдоль оси может быть установлен шнек или размещена на внутренней стенке спираль. Шнек и спираль могут быть как одно-, так и многозаходными.

10 Этот вариант исполнения расходомера предпочтительно может применяться при измерении расхода жидкости с известными и неизменными свойствами (например, воды).

В случае, когда плотность жидкости известна и остается неизменной или изменяется незначительно в процессе замеров, а расходомер откалиброван в лабораторных условиях

15 на жидкостях с разной вязкостью, может использоваться второй вариант исполнения тахометрического расходомера, в котором между входным и выходным направляющими аппаратами дополнительно размещен промежуточный направляющий аппарат, по обе стороны от которого сформированы две кольцевые канавки, предназначенные для движения чувствительных элементов и ограниченные в радиальном направлении

20 внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах соответствующих направляющих аппаратов, при этом чувствительные элементы в двух кольцевых канавках отличаются по массе в 1.5-4 раза.

Промежуточный направляющий аппарат может быть выполнен в виде втулки с

25 винтовыми лопастями.

Математическая обработка сигнала от двух чувствительных элементов с известным соотношением массы, вращающихся в одном закрученном потоке каждый в своей

кольцевой канавке с разными частотами, позволяет с высокой точностью оценить расход измеряемой жидкости, а также вычислить ее вязкость.

30 В третьем варианте исполнения в тахометрическом расходомере дополнительно размещены два промежуточных направляющих аппарата, предпочтительно содержащие только винтовые лопасти, с образованием трех кольцевых канавок, в каждой из которых размещено по одному чувствительному элементу с разными массами, причем их массы различаются в 1.5-4 раза.

35 В качестве чувствительных элементов во втором и третьем вариантах исполнения могут быть применены шарики или многогранники, выполненные соизмеримыми или имеющие разный размер. Возможно использование чувствительных элементов любой другой формы.

Третий вариант исполнения расходомера может использоваться в том случае, когда

40 в процессе замеров меняются и вязкость, и плотность жидкости. Предпочтительно, чтобы отличие в массах чувствительных элементов было максимально возможным, так как чем больше будет разница в частотах вращения элементов, тем точнее будет рассчитан расход жидкости.

Функциональная зависимость частот вращения каждого из трех чувствительных

45 элементов  $f_1, f_2$  и  $f_3$  от параметров задачи имеет следующий общий вид:

$$f_1 = F(Q, v, \rho, g_s, m_1, r_1),$$

$$f_2 = F(Q, v, \rho, g_s, m_2, r_2),$$

$$f_3 = F(Q, v, \rho, g_s, m_3, r_3),$$

где  $Q$  - объемный расход жидкости,  $v$  - вязкость жидкости,  $\rho$  - плотность жидкости, геометрические параметры расходомера обозначены как  $g_s, m_1, m_2, m_3$  - массы чувствительных элементов,  $r_1, r_2, r_3$  - характерные размеры чувствительных элементов (для шариков, например, это радиусы). В полученной системе трех уравнений неизвестными являются три величины:  $Q, v, \rho$ , поэтому данная система уравнений разрешима при проведение замеров на трех орбитах вращения чувствительных элементов.

Сущность заявляемых изобретений поясняется чертежами. На фиг.1 приведена схема расходомера с одним шариком, на фиг.2 - расходомер с одним промежуточным направляющим аппаратом и двумя шариками, на фиг.3 - расходомер с двумя промежуточными направляющими аппаратами и тремя шариками.

Заявляемые расходомеры (фиг.1-3) состоят из проточного корпуса 1, в который помещена ступица 2 с центральным осевым каналом 3 и коаксиальным кольцевым измерительным каналом 4, образованным между внешней цилиндрической стенкой ступицы 2 и внутренней стенкой корпуса 1. В измерительном канале 4 установлен завихритель потока, состоящий из входного 5 и выходного 6 направляющих аппаратов, выполненных в виде втулок с радиальными лопастями 7, 8, переходящими в винтовые 9, 10 соответственно. Между входным 5 и выходным 6 направляющими аппаратами выполнена кольцевая канавка 11 для чувствительного элемента, например, шарика 12, сформированная ограничительными кольцами 13, препятствующими осевому перемещению шарика 12 внутри канавки. В радиальном направлении кольцевая канавка 11 ограничена внутренней стенкой корпуса 1 и внешней стенкой втулки направляющего аппарата. Конструктивно входной 5 и выходной 6 направляющие аппараты выполнены одинаковыми и расположены симметрично относительно кольцевой канавки 11, что обеспечивает реверсивность работы расходомера. С внешней стороны корпуса 1 на уровне кольцевой канавки 11 установлен магнитоиндукционный датчик 14, регистрирующий факт прохождения шарика 12 мимо датчика 14. На внутренней стенке центрального осевого канала 3 может быть размещена одно- или многозаходная спираль 15, позволяющая снизить влияние вязкости на точность измерения расхода (фиг.1). В качестве альтернативы спирали в центральном осевом канале 3 вдоль оси может быть установлен шнек.

В других вариантах исполнения между входным 5 и выходным 6 направляющими аппаратами дополнительно размещены один (фиг.2) или два (фиг.3) промежуточных направляющих аппарата 16, снабженные на входе и выходе ограничительными кольцами 13. В результате формируется одна (фиг.2) или две (фиг.3) дополнительные кольцевые канавки 11, на уровне каждой из которых установлен магнитоиндукционный датчик 14 для регистрации частоты вращения чувствительного элемента, например, шарика 12. Промежуточные направляющие аппараты 16 могут быть выполнены, например, только с винтовыми лопастями 9.

Скорость вращения шарика 12 зависит от наклона винтовых лопастей 9, 10 направляющих аппаратов, поэтому, чтобы избежать быстрого износа шарика 12 и потери точности расходомера, при выборе наклона винтовых лопастей следует ориентироваться на значения скорости износа шарика при максимальном расходе во время эксплуатации. Кроме того, проблема износостойкости шарика может быть решена за счет подбора стойкого к износу материала при его изготовлении.

Описанный расходомер работает следующим образом.

Жидкость, поступающая в расходомер, разделяется на два потока: первый проходит по центральному безлопаточному осевому каналу 3, а второй попадает во внешний кольцевой измерительный канал 4 на радиальные лопасти 7 входного направляющего аппарата 5, которые стабилизируют поток жидкости в измерительном канале 4, обеспечивая постоянство скорости по его сечению. Далее, поток закручивается винтовыми лопастями 9 входного направляющего аппарата 5, и, попадая в кольцевую канавку И между ограничительными кольцами 13, вовлекает шарик 12 во вращательное движение. Частота вращения шарика 12 регистрируется с помощью магнитоиндукционного преобразователя 14 и является мерой расхода жидкости.

Благодаря тому, что выходной направляющий аппарат 6 конструктивно идентичен входному, его винтовые лопасти 10 поддерживают постоянную закрутку потока за кольцевой канавкой 11, а последующий их переход в радиальные прямые лопасти 8 обеспечивает осевой выход потока из расходомера, что гарантирует постоянство скорости потока жидкости внутри кольцевой канавки 11 и, в конечном итоге, точность измерения расхода.

Расходомер предлагаемой конструкции можно устанавливать на выкиде погружных электроцентробежных насосов для добычи нефти непосредственно после основного насоса, в этом случае будет измеряться расход квазиоднородной жидкости, содержащей очень малую долю нерастворенного газа (вследствие высокого давления на выкиде насоса). В случае установки перед основным насосом расходомер необходимо дополнительно оснастить дифференциальным манометром для замера перепада давления на расходомере, значение которого позволит оценить концентрацию нерастворенного газа в смеси и, в конечном итоге, с высокой степенью достоверности определить расход жидкости.

#### Формула изобретения

1. Тахометрический расходомер, содержащий проточный корпус с центральным осевым каналом и коаксиальным кольцевым измерительным каналом, расположенные внутри измерительного канала входной и выходной направляющие аппараты в виде втулок с лопастями, между которыми выполнена кольцевая канавка для вращения чувствительного элемента, и узел контроля за вращением чувствительного элемента, отличающийся тем, что входной направляющий аппарат выполнен с прямыми радиальными лопастями, переходящими по ходу потока в винтовые лопасти, а выходной направляющий аппарат - с винтовыми лопастями на входе, переходящими по ходу потока в прямые радиальные лопасти, кольцевая канавка ограничена в радиальном направлении внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах входного и выходного направляющих аппаратов.

2. Тахометрический расходомер по п.1, отличающийся тем, что чувствительный элемент выполнен в виде многогранника, например октаэдра.

3. Тахометрический расходомер по п.1, отличающийся тем, что центральный осевой канал снабжен одно- или многозаходной спиралью или шнеком.

4. Тахометрический расходомер, содержащий проточный корпус с центральным осевым каналом и коаксиальным кольцевым измерительным каналом, расположенные внутри измерительного канала входной и выходной направляющие аппараты в виде втулок с лопастями, между которыми выполнена кольцевая канавка для вращения чувствительного элемента, и узел контроля за вращением чувствительного элемента, отличающийся тем, что между входным и выходным направляющими аппаратами



дополнительно размещен промежуточный направляющий аппарат, по обе стороны от которого сформированы две кольцевые канавки, предназначенные для движения чувствительных элементов и ограниченные в радиальном направлении внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах соответствующих направляющих аппаратов, при этом чувствительные элементы в кольцевых канавках выполнены с различной массой, отличающейся в 1.5-4 раза.

5. Тахометрический расходомер по п.4, отличающийся тем, что промежуточный направляющий аппарат представляет собой втулку с винтовыми лопастями.

6. Тахометрический расходомер по п.4, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены соизмеримыми в виде шариков.

7. Тахометрический расходомер по п.4, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены соизмеримыми в виде многогранников.

8. Тахометрический расходомер по п.4, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены в виде шариков разного размера.

9. Тахометрический расходомер по п.4, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены в виде многогранников разного размера.

10. Тахометрический расходомер, содержащий проточный корпус с центральным осевым каналом и коаксиальным кольцевым измерительным каналом, расположенные внутри измерительного канала входной и выходной направляющие аппараты в виде втулок с лопастями, между которыми выполнена кольцевая канавка для вращения чувствительного элемента, и узел контроля за вращением чувствительного элемента, отличающийся тем, что между входным и выходным направляющими аппаратами дополнительно размещены два промежуточных направляющих аппарата, между соседними направляющими аппаратами сформированы три кольцевых канавки для движения разных чувствительных элементов, ограниченные в радиальном направлении внутренней стенкой корпуса и внешней стенкой втулки, а в осевом направлении - ограничительными кольцами, установленными на смежных торцах соответствующих направляющих аппаратов, при этом чувствительные элементы в кольцевых канавках выполнены с различной массой, отличающейся в 1.5-4 раза.

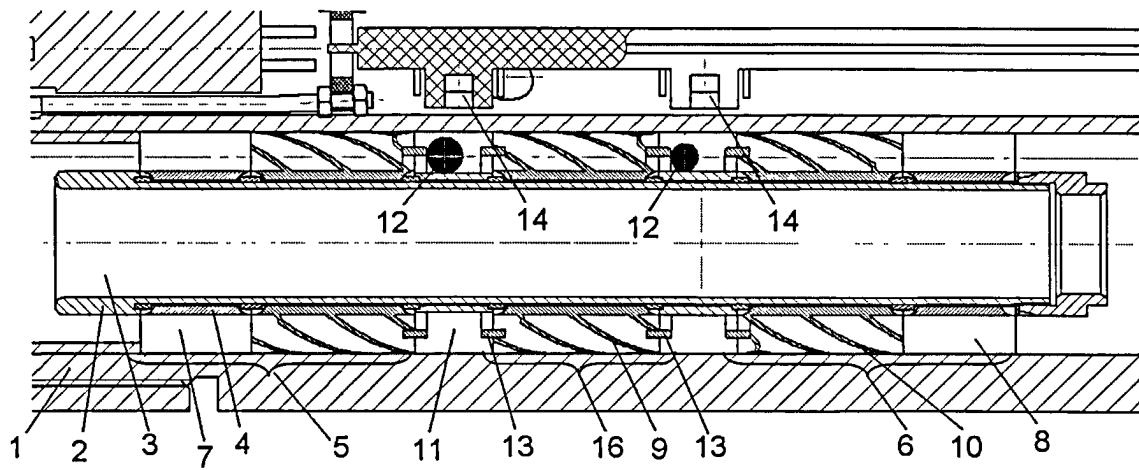
11. Тахометрический расходомер по п.10, отличающийся тем, что промежуточные направляющие аппараты выполнены в виде втулки с винтовыми лопастями.

12. Тахометрический расходомер по п.10, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены соизмеримыми в виде шариков.

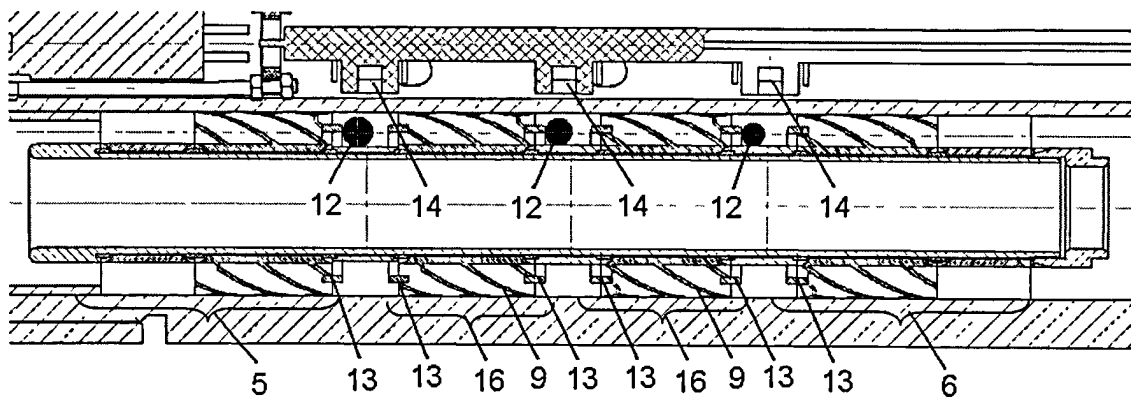
13. Тахометрический расходомер по п.10, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены соизмеримыми в виде многогранников.

14. Тахометрический расходомер по п.10, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены в виде шариков разного размера.

15. Тахометрический расходомер по п.10, отличающийся тем, что чувствительные элементы выполнены в виде многогранников разного размера.



Фиг. 2



Фиг. 3