



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 399 822** (13) **C2**

(51) МПК
F16K 37/00 (2006.01)
G01F 1/06 (2006.01)
G21C 17/032 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2008138134/06**, **24.09.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.09.2008

(43) Дата публикации заявки: **27.03.2010**

(45) Опубликовано: **20.09.2010** Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 1591618 A1**, **27.05.1998**. **US 3861210 A**, **21.01.1975**. **RU 73731 U1**, **27.05.2008**. **RU 53769 U1**, **27.05.2006**. **RU 2253843 C1**, **10.06.2005**. **GB 1315231 A**, **02.05.1973**. **DE 2856813 A1**, **12.07.1979**.

Адрес для переписки:

**620000, г.Екатеринбург, а/я 74, ФГУП УЭМЗ,
отдел информации**

(72) Автор(ы):

**Бобырев Петр Александрович (RU),
Капленко Максим Владимирович (RU),
Матвеев Вячеслав Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное Государственное Унитарное
Предприятие Уральский
электромеханический завод (RU)**

(54) **ШАРИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике. Шариковый преобразователь расхода, состоящий из сменного узла, включающего в себя кольцевую камеру, завихритель потока, стержень-вытеснитель, шар и дополнительное сужающее устройство; постоянного узла, включающего в себя корпус с крышкой и с входными и выходными патрубками; а также

узла съема сигнала, размещенного на крышке. Уменьшение диаметра орбиты движения шара и связанное с этим уменьшение скорости движения шара снижает контактное напряжение, действующее на шар, и сокращает длину его пробега за срок эксплуатации, что, в конечном итоге, увеличивает срок службы сменного узла. 4 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2 399 822 C2

RU 2 399 822 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
F16K 37/00 (2006.01)
G01F 1/06 (2006.01)
G21C 17/032 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008138134/06, 24.09.2008**

(24) Effective date for property rights:
24.09.2008

(43) Application published: **27.03.2010**

(45) Date of publication: **20.09.2010 Bull. 26**

Mail address:
**620000, g.Ekaterinburg, a/ja 74, FGUP UEhMZ,
otdel informatsii**

(72) Inventor(s):

**Bobyrev Petr Aleksandrovich (RU),
Kaplenko Maksim Vladimirovich (RU),
Matveev Vjacheslav Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe Gosudarstvennoe Unitarnoe
Predpriyatie Ural'skij ehlektromekhanicheskij
zavod (RU)**

(54) BALL TRANSDUCER

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: ball transducer consists of removable unit including circular chamber, flow swirler, rod-displacer, ball and additional restriction. Further, the ball transducer consists of a permanent unit including a case with a cover and with an inlet and outlet branches, also of a signal

recording unit positioned on the cover.

EFFECT: reduced diametre of ball motion orbit and thereby reduced speed of ball motion diminishing contact force effecting ball; also reduced length of ball run for service life which increases operation life of removable unit.

5 cl, 6 dwg

RU 2 399 822 C2

RU 2 399 822 C2

Предложение относится к измерительной технике и может быть использовано при измерении расхода теплоносителя в атомной энергетике.

В настоящее время расход теплоносителя (воды) в технологическом канале ядерного энергетического реактора типа РБМК измеряется шариковым расходомером «ШТОРМ», содержащим первичный преобразователь расхода ШАДР-32М и магнитоиндукционный узел съема сигнала МИП (ТУ 25-02.020921-00).

ШАДР-32М установлен в корпусе технологического канала РБМК, имеющем угловой подвод теплоносителя, уплотняемую крышку для замены ШАДР-32М и ограниченное сечение для прохода в нем теплоносителя. Первичный преобразователь содержит установленную в корпусе между патрубков кольцевую камеру с шаром, полость которой соединена с проточной частью кольцевой щелью, расположенной со стороны выходного патрубка, а около кольцевой щели установлен 3-лопастной завихритель потока. МИП установлен с наружной стороны корпуса в плоскости орбиты вращения шара. Контролируемый поток теплоносителя 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 МИП. Скорость теплоносителя в закрученной струе велика и достигает 8 м/с. Максимальная выходная частота составляет 12,5 Гц.

Срок службы корпуса равен сроку службы реактора, а ресурс ШАДР-32М в десять раз меньше. В связи с этим ежегодно заменяется около 450 датчиков на каждом реакторе, что связано с большими трудозатратами и облучением ремонтного персонала. Кроме того, снятые с эксплуатации ШАДР-32М необходимо складировать в специальных хранилищах, емкость которых ограничена.

Известен шариковый расходомер с проточной кольцевой камерой (Патент США № 3861210, 73/194С, G01F 3/08), но он не может быть применен для измерения расхода горячей воды в условиях РБМК.

Известен разработанный для РБМК шариковый расходомер парциального типа, содержащий корпус с входным угловым патрубком, выходным патрубком и крышкой, размещенной на торце корпуса, установленное между патрубков сужающее устройство, расположенную около крышки кольцевую камеру с дорожкой качения, шаром, каналами завихрителя потока и коаксиальным стержнем-вытеснителем, образующим с кольцевой камерой полость, соединенную с полостью корпуса за сужающим устройством посредством присоединенной к ним трубы, а также установленный на боковой поверхности корпуса узел съема сигнала, причем проходное сечение сужающего устройства меньше проходного сечения входного патрубка (Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06).

Это техническое решение имеет наибольшее количество общих существенных признаков с предлагаемым и поэтому выбрано в качестве прототипа. В нем кольцевая камера с шаром, завихрителем и коаксиальным стержнем-вытеснителем вынесена из проточной части корпуса, ограниченной патрубками, и образует сменный узел небольших габаритов. Шар приводится во вращение небольшой частью расхода теплоносителя, а большая, не закрученная часть потока создает на сужающем устройстве необходимый перепад давления для протока по каналам завихрителя.

Максимальная выходная частота при этом составляет 25 Гц, причем радиус орбиты вращения шара в два раза меньше, чем у аналога (ТУ 25-02.020921-00).

Несмотря на указанные преимущества по сравнению с ШАДР-32М данному техническому решению присущ такой же, как у ШАДР-32М существенный

недостаток. Он заключается в том, что шар приводится во вращение закрученным потоком путем передачи его энергии в полость с шаром за счет турбулентной вязкости, то есть полость кольцевой камеры является непроточной. В связи с этим автомоделность течения теплоносителя наблюдается при достижении больших значений критерия Рейнольдса, что увеличивает погрешность измерений, особенно при изменении температуры теплоносителя, и вынуждает увеличивать скорость теплоносителя в каналах завихрителя и частоту (скорость) вращения шара. Это уменьшает долговечность (ресурс) преобразователя расхода или его сменной части. Кроме того, поток несет в себе твердые включения небольшого размера (продукты коррозии, наполнитель фильтров водоочистки), которые, случайно попадая в полость кольцевой камеры за счет турбулентных пульсаций, не могут ее покинуть из-за сепарации на дорожке качения под действием инерционной силы. В связи с этим образуются отложения, способствующие интенсивному износу дорожки качения и шара и нестабильности его вращения, что приводит к увеличению погрешности измерения расхода. В настоящее время нестабильность вращения шара (коэффициент вариации периода вращения) является основным диагностическим критерием работоспособности преобразователя расхода, и ее существенное увеличение свидетельствует о достижении предельного состояния и необходимости замены.

В предлагаемом устройстве решается задача повышения долговечности шарикового преобразователя расхода и снижения эксплуатационных издержек при использовании на реакторной установке (РУ) с РБМК.

Для достижения указанного технического результата в шариковом преобразователе расхода, содержащем корпус с входным угловым и выходным патрубками и крышкой, размещенной на торце корпуса, расположенное между патрубков сужающее устройство, установленную в полости корпуса около крышки кольцевую камеру с дорожкой качения, шаром, каналами завихрителя потока и коаксиальным стержнем-вытеснителем, образующим с кольцевой камерой полость, соединенную с полостью корпуса за сужающим устройством посредством присоединенной к ним трубы, а также узел съема сигнала, в центре дорожки качения выполнен радиальный паз, к которому подключены выходы каналов завихрителя потока, образованных венцом радиальных лопаток; между полостью кольцевой камеры и полостью трубы размещено дополнительное сужающее устройство в виде перегородки с отверстиями, оси которых расположены в плоскостях, проходящих через ось стержня-вытеснителя, но не совпадают с ней; между входным патрубком и кольцевой камерой установлена перфорированная перегородка, а узел съема сигнала размещен на крышке.

Целесообразен вариант, в котором крышка и венец радиальных лопаток образуют стенки кольцевой камеры.

Целесообразно также выполнить единый сменный узел из кольцевой камеры, шара, завихрителя потока, стержня-вытеснителя и дополнительного сужающего устройства.

Целесообразно также входы отверстий дополнительного сужающего устройства разместить около обоих торцов стержня-вытеснителя, который снабдить внутренней полостью, открытой в полость трубы, а выходы дальних от трубы отверстий подключить к полости стержня-вытеснителя.

Целесообразно также выполнить продольные пропилы в стержне-вытеснителе и подключить к их торцам входы отверстий дополнительного сужающего устройства.

Отличительными признаками предлагаемого шарикового преобразователя расхода от указанного выше прототипа являются:

- в центре дорожки качения выполнен радиальный паз, к которому подключены выходы каналов завихрителя потока, образованных венцом радиальных лопаток;
- между полостью кольцевой камеры и полостью трубы размещено дополнительное сужающее устройство в виде перегородки с отверстиями, оси которых расположены в плоскостях, проходящих через ось стержня-вытеснителя, но не совпадают с ней;
- между входным патрубком и кольцевой камерой установлена перфорированная перегородка;
- узел съема сигнала размещен на крышке;
- крышка и венец радиальных лопаток образуют стенки кольцевой камеры;
- кольцевая камера, шар, завихритель потока, стержень-вытеснитель и дополнительное сужающее устройство образуют единый сменный узел;
- входы отверстий дополнительного сужающего устройства размещены около обоих торцов стержня-вытеснителя, который снабжен внутренней полостью, открытой в полость трубы, а дальние от трубы отверстия имеют выход в полость стержня-вытеснителя;
- в стержне-вытеснителе выполнены продольные пропилы, к торцам которых подключены входы отверстий дополнительного сужающего устройства.

Благодаря наличию этих признаков уменьшается проскальзывание шара относительно закрученного потока, поскольку шар непосредственно обтекается им; снижается доля потерь давления на завихрителе потока, а большая часть потерь происходит в дополнительном сужающем устройстве в процессе диссипации энергии струй, вытекающих в полость трубы и стержня-вытеснителя. За счет этого становится минимальной доля потерь давления на трение о стенки, что снижает влияние вязкости теплоносителя и уменьшает граничное значение критерия Рейнольдса (расширяет область автомодельного течения), а это уменьшает погрешность парциального преобразователя расхода. Все это позволяет снизить скорость вращения шара, что непосредственно влияет на увеличение долговечности шарикового преобразователя расхода. Наличие перфорированной перегородки способствует повышению стабильности вращения шара, что уменьшает его износ, а также износ дорожки качения. Применение радиальных лопаток завихрителя уменьшает его поперечные габариты и позволяет вписаться в габариты корпуса РБМК, а размещение узла съема сигнала на крышке уменьшает расстояние от него до шара.

Предлагаемый шариковый преобразователь расхода может быть реализован в различных конструктивных исполнениях.

На фиг.1 показан шариковый преобразователь расхода с кольцевой камерой (крышка и венец радиальных лопаток образуют ее стенки), а также перфорированной перегородкой и дополнительным сужающим устройством, установленными на постоянной (незаменимой) части шарикового преобразователя расхода. Заменяемая часть состоит из крышки со стержнем-вытеснителем, венца радиальных лопаток, шара и уплотнительной тарельчатой пружины.

На фиг.2 показан фрагмент шарикового преобразователя расхода с кольцевой камерой, шаром, венцом радиальных лопаток, дополнительным сужающим устройством, входы отверстий которого расположены у обоих торцов стержня-вытеснителя, имеющего внутреннюю полость, открытую в полость трубы, которые объединены в единый сменный узел. Незаменимая часть состоит из крышки с перфорированной перегородкой и сужающего устройства с трубой.

На фиг.3А и 3Б показаны горизонтальные разрезы над и под перфорированной перегородкой шарикового преобразователя расхода, изображенного на фиг.2.

На фиг.4, 5 показан фрагмент шарикового преобразователя расхода со сменным узлом, включающим в себя кольцевую камеру, шар, венец радиальных лопаток, стержень-вытеснитель с продольными пропилами и дополнительное сужающее устройство с отверстиями, входы которых подключены к торцам продольных пропилов. Незаменяемая часть состоит из крышки с перегородкой, имеющей перфорацию на плоской и боковой цилиндрической стенках, а также из сужающего устройства с трубой.

На фиг.6 представлен график отклонения характеристики от пропорциональной для шариковых преобразователей расхода: ШАДР-32М (ТУ 25-02.020921-00), прототипа (Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06) и предлагаемого в зависимости от расхода теплоносителя.

Шариковый преобразователь расхода содержит корпус 1 с угловым входным патрубком 2, выходным патрубком 3 и крышкой 4. Внутри корпуса около крышки размещена кольцевая камера 5 с шаром 6, дорожкой для его качения 7, в центре которой выполнен радиальный паз 8, а также завихрителем потока 9 и стержнем-вытеснителем 10. Кроме того, в полости корпуса 1 расположены перфорированная перегородка 11, сужающее устройство 12 и труба 13, соединяющая через кольцевую щель 14 полость кольцевой камеры 5 с полостью корпуса 1 за сужающим устройством 12. Между кольцевой щелью 14 и полостью трубы 13 размещено дополнительное сужающее устройство 15. На наружной стенке крышки 4 установлен узел съема сигнала 16, например, магнитоиндукционного типа. Дополнительное сужающее устройство 15 имеет отверстия 17, оси которых лежат в плоскостях, проходящих через ось стержня-вытеснителя 10, но не совпадают с ней. Завихритель потока 9 выполнен в виде венца радиальных лопаток, установленных под острым углом к плоскости их расположения. Стержень-вытеснитель 10 может быть выполнен заодно с крышкой 4 (фиг.1), а в другом исполнении может быть сблокирован с кольцевой камерой 5, завихрителем потока 9, дополнительным сужающим устройством 15 и шаром 6 в единый заменяемый узел, причем элементы 9, 10 и 15 могут быть изготовлены заодно в виде одной детали (фиг.2). В этом случае входы отверстий 17 дополнительного сужающего устройства 15 могут быть размещены у обоих торцов стержня-вытеснителя 10, который имеет внутреннюю полость 18, открытую в полость трубы 13.

Кольцевая камера 5 (фиг.1) образована внутренней стенкой крышки 4 и верхней стенкой венца радиальных лопаток завихрителя 9. Для уплотнения соединения кольцевой камеры 5 с торцом трубы 13 установлена тарельчатая пружина 19 с притертыми контактными кромками. Дополнительное сужающее устройство 15 (фиг.1) установлено на торце трубы 13 и входит в состав заменяемой части преобразователя расхода. Перфорированная перегородка 11 может быть закреплена на сужающем устройстве 12 (фиг.1) или на крышке 4 (фиг.2, 4). Она установлена под острым углом к выходящему из углового патрубка 2 потоку теплоносителя. Угол может составлять от 0 до 40°. Перегородка 11 может иметь перфорацию как на плоской, так и на боковой цилиндрической стенках (фиг.4). Суммарная площадь сечения отверстий перфорированной перегородки 11 меньше, чем площадь сечения проточной части после перегородки по ходу потока. Суммарная площадь сечения отверстий перфорированной перегородки 11 превышает суммарную площадь сечения отверстий дополнительного сужающего устройства 15 не менее, чем на порядок. Крышка 4 герметизируется в корпусе 1 узлом уплотнения 20. Узел съема сигнала 16 прижимается к крышке 4 фиксатором 21 (фиг.1). Сужающее устройство 12 имеет

калиброванные отверстия 22, суммарная площадь сечения которых должна выполняться с максимально возможной точностью и обеспечивать стабильность выходной характеристики шарикового преобразователя расхода при смене заменяемого узла. Труба 13 может быть выполнена изогнутой (фиг.1) или прямой (фиг.2, 4). Предпочтительный способ крепления трубы 13 к сужающему устройству 12 - осадка с натягом. Проектное взаимное расположение корпуса 1, сужающего устройства 12, крышки 4, кольцевой камеры 5 обеспечивается установочными элементами 23. Сужающее устройство 12 уплотняется в корпусе 1 при помощи разрезного пружинного кольца 24. Стержень-вытеснитель может быть выполнен с продольными пропилами 25 (фиг.4, 5).

Шариковый преобразователь расхода работает следующим образом.

Контролируемый поток теплоносителя входит через угловой патрубок 2 в полость корпуса 1, проходит через сужающее устройство 12 и выходит через патрубок 3. Проходя через отверстия 22 сужающего устройства 12, поток ускоряется и теряет часть своей энергии на вихреобразование, при этом его статическое давление за сужающим устройством 12 уменьшается. Образованный на сужающем устройстве перепад давления вызывает движение малой части теплоносителя по маршруту: отверстия перфорированной перегородки 11, каналы завихрителя потока 9, радиальный паз 8, полость кольцевой камеры 5, отверстия 17 дополнительного сужающего устройства 15, полость трубы 13, полость корпуса 1 за сужающим устройством 12, где обе части потока перемешиваются.

Вследствие установки радиальных лопаток завихрителя под острым углом к плоскости их расположения поток на выходе из радиального паза 8 имеет радиальную и тангенциальную составляющие вектора скорости. Находясь в закрученном потоке, шар 6 приводится во вращательное движение по дорожке качения 7. Скорость (частота) его вращения пропорциональна скорости потока на выходе из радиального паза 8.

Узел съема сигнала 16 генерирует электрический импульс при проходе около него шара 6, частота следования импульсов является функцией измеряемого расхода ($f=f(Q)$). Поскольку проходное сечение отверстий перфорированной перегородки 11, каналов завихрителя 9 и трубы 13 намного больше, чем проходное сечение отверстий 17 дополнительного сужающего устройства 15, основная доля потерь давления приходится на дополнительное сужающее устройство 15. Характер течения теплоносителя через отверстия 17 и отверстия 22 сужающего устройства 12 идентичен, поскольку потеря энергии происходит в вихреобразовании на входе в отверстия и выходе из них. Как известно, при течении потока с интенсивным вихреобразованием переход режима течения от ламинарного к турбулентному происходит при меньшей скорости, и в большем диапазоне расходов наблюдается автомодельное течение, когда коэффициент потерь не зависит от критерия Рейнольдса ($\xi, (Re)=Const$). Это позволяет стабилизировать соотношение расходов, проходящих через сужающие устройства 12 и 15, в широком диапазоне расходов и линеаризовать характеристику $f=f(Q)$ шарикового преобразователя расхода при малых расходах.

Таким образом, становится возможным достаточно точно контролировать весь поток теплоносителя, измеряя частоту вращения шара в кольцевой камере 5.

При непосредственном обтекании шара 6 закрученным потоком теплоносителя их проскальзывание относительно друг друга пренебрежимо мало, что особенно сказывается при работе в нижней части диапазона расходов. Сравнение характеристик предлагаемого шарикового преобразователя расхода, аналога (ТУ 25-02.020921-00) и

прототипа (Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06) показывает большее значение относительной частоты вращения шара предлагаемого устройства в области малых расходов (см. фиг.6).

5 Этот эффект позволяет уменьшить скорость движения шара за счет уменьшения диаметра дорожки качения по сравнению с аналогом (ТУ 25-02.020921-00) или за счет
уменьшения максимальной частоты вращения шара по сравнению с прототипом
(Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06). По условиям компоновки в
корпусе РБМК необходимо уменьшить радиус орбиты вращения шара в два раза по
10 сравнению с аналогом (ТУ 25-02.020921-00) при сохранении максимальной выходной частоты (12,5 Гц). Можно также уменьшить в два раза максимальную частоту при сохранении радиуса орбиты вращения шара по сравнению с прототипом (Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06). При этом скорость движения шара на
15 малых расходах примерно одинакова, что поддерживает амплитуду выходного сигнала узла 16 магнитоиндукционного типа, применяемого на РБМК, на приемлемом уровне. Таким образом, сохраняя максимальную частоту вращения шара и амплитуду выходного сигнала на малых расходах на уровне аналога (ТУ 25-02.020921-00), но уменьшая в два раза максимальную скорость движения шара б и,
20 соответственно, пробег в единицу времени шара и контактное усилие, действующее на него, возможно существенно увеличить ресурс преобразователя расхода.

Относительно малая скорость движения теплоносителя в кольцевой полости с шаром б (до ~2 м/с) приводит к малой потере давления и к увеличению запаса
25 давления до параметров насыщения теплоносителя, что благоприятно сказывается на стабильности вращения шара б в переходных режимах РБМК, когда указанный запас невелик.

Для стабильного качения шара б по дорожке качения 7 без увеличения трения качения оптимальной является ширина радиального паза 8, равная $(0,35-0,55)d_{ш}$, где
30 $d_{ш}$ - диаметр шара. При уменьшении ширины паза 8 уменьшается диапазон расходов, при которых шар б опирается при вращении на оба выходных ребра радиального паза 8 (наиболее устойчивое положение шара б). При увеличении ширины паза 8 увеличивается заклинивающее усилие, действующее на шар б и, как следствие, увеличивается коэффициент трения качения. Часть дорожки качения 7,
35 расположенную ниже и выше радиального паза 8, предпочтительно выполнить тороидальной формы с диаметром сечения тора $d_t=(1,05-1,15)d_{ш}$, что обеспечивает небольшие контактные напряжения и стабильность траектории шара б при его качении с опорой в одной точке (в нижней части диапазона расходов).

40 Перфорированная перегородка 11 выполняет две функции: во-первых, она ликвидирует или существенно уменьшает размер неустойчивого вихря, образующегося на повороте потока после выхода из углового патрубка 2. Отсос пограничного слоя через отверстия перфорированной перегородки 11 является действенным способом борьбы с вихревым течением, генерирующим пульсации давления около кольцевой
45 камеры 5, которые приводят к дестабилизации вращения шара б и уменьшению долговечности преобразователя расхода или его сменного узла; во-вторых, перфорированная перегородка 11 является фильтром твердых включений относительно большого размера, транспортируемых теплоносителем, которые
50 неизбежно появляются в контуре реактора после ремонта, а именно: обрывки тряпок, куски уплотняющих прокладок и т.п. Установка перфорированной перегородки под острым углом к входящему потоку не позволяет крупным включениям оседать на ее поверхности, так как они сносятся боковым высокоскоростным потоком.

Таблица 1

5	Величина расхода, м ³ /ч	Вариант исполнения стержня-вытеснителя	Величина коэффициента вариации, $v = \frac{\sigma_T}{T_{cp}}$		
			Без перегородки	Перегородка установлена под углом	
				0°	30°
	50	Фиг.1	0.062	0.020	0.034
	25		0.062	0.015	0.027
	6		0.042	0.021	0.028
10	50	Фиг.2	0.052	0.027	0.030
	25		0.046	0.018	0.023
	6		0.038	0.027	0.026

где σ_T - среднее квадратическое отклонение периода вращения шара,
 T_{cp} - средний период вращения шара.

15

В таблице 1 представлены результаты измерений коэффициента вариации периода вращения шара шарикового преобразователя расхода с перфорированной перегородкой, установленной под различным углом к оси входного патрубка 2, и без нее, а также с различным исполнением стержня-вытеснителя 10.

20

Мелкие твердые включения типа продуктов коррозии проходят через отверстия перфорированной перегородки 11 и транспортируются потоком в полость кольцевой камеры 5, где участвуют в вихревом движении теплоносителя. При этом гидродинамическая сила, направленная к оси стержня-вытеснителя 10, превышает центробежную силу для включений с размером, существенно меньшим размера шара 6. В связи с этим мелкие твердые включения выносятся из полости кольцевой камеры 5 и не осаждаются на дорожке качения 7, как у аналога (ТУ 25-02.020921-00) и прототипа (Авторское свидетельство СССР № 1591618, G01F 1/06). Это также способствует увеличению ресурса работы шарикового преобразователя расхода. Для условий РБМК соотношение составляющих вектора скорости на выходе теплоносителя из радиального паза 8 находится в диапазоне:

30

$$K = U_D / U_T = 1,0 - 1,8$$

где U_D , U_T - радиальная и тангенциальная составляющие вектора скорости.

35

При уменьшении K увеличивается вероятность сепарации мелких твердых включений. При увеличении K уменьшается величина результирующей силы, прижимающей шар 6 к дорожке качения 7, что может вызвать их относительное проскальзывание и дополнительный износ. Величина K регулируется, в основном, углом установки радиальных лопаток завихрителя потока 9.

40

Расположение дополнительного сужающего устройства 15 на входе в полость трубы 13, а осей отверстий 17 - в плоскостях, проходящих через ось стержня-вытеснителя 10, не совпадая с ней, способствует эффективному спрямлению закрученного потока и диссипации энергии струй при течении в полости трубы 13.

45

При этом длина отверстий 17 должна быть в 1,5-2,5 раза больше их диаметра. При меньшей длине поток на выходе может иметь тангенциальную составляющую скорости, и часть энергии будет теряться при трении о стенки трубы 13. При большей длине то же самое будет происходить при течении в отверстиях 17. Нежелательность этого объяснена ранее.

50

Размещение входов отверстий 17 около обоих торцов стержня-вытеснителя 10, а также выполнение продольных пропилов 25 в стержне-вытеснителе 10 способствует устранению неустойчивого вихря в месте поворота закрученной струи, истекающей из радиального паза 8, при подходе к стержню-вытеснителю 10.

Варианты включения в состав заменяемого или постоянного узла того или иного элемента шарикового преобразователя расхода оптимизируются при разработке технологического процесса замены. Если есть возможность на месте заменить узел, выполненный по вариантам (фиг.2, 3, 4, 5), то эти варианты предпочтительнее, поскольку во время замены удастся проконтролировать состояние отверстий перфорированной перегородки 11, а масса заменяемой части меньше. С точки зрения безопасности целесообразно заменять все, что так или иначе может быть повреждено во время работы. В этом случае незаменимыми являются сужающее устройство 12 и труба 13.

Узел съема сигнала 16 может иметь другой тип исполнения, например индуктивный на несущей частоте. При любом типе исполнения расположение узла съема сигнала на крышке уменьшает расстояние от него до шара 6 применительно к используемому корпусу РБМК, что положительно сказывается на его эффективности и удобстве обслуживания.

В диапазоне расходов $Q=(0,12-1,0)Q_{\text{макс}}$ предлагаемый шариковый преобразователь расхода может работать только при вертикальном расположении оси стержня-вытеснителя 10.

Таким образом, предложенный шариковый преобразователь расхода успешно вписывается в существующее оборудование РБМК и обладает повышенной долговечностью по сравнению с известными аналогами.

Формула изобретения

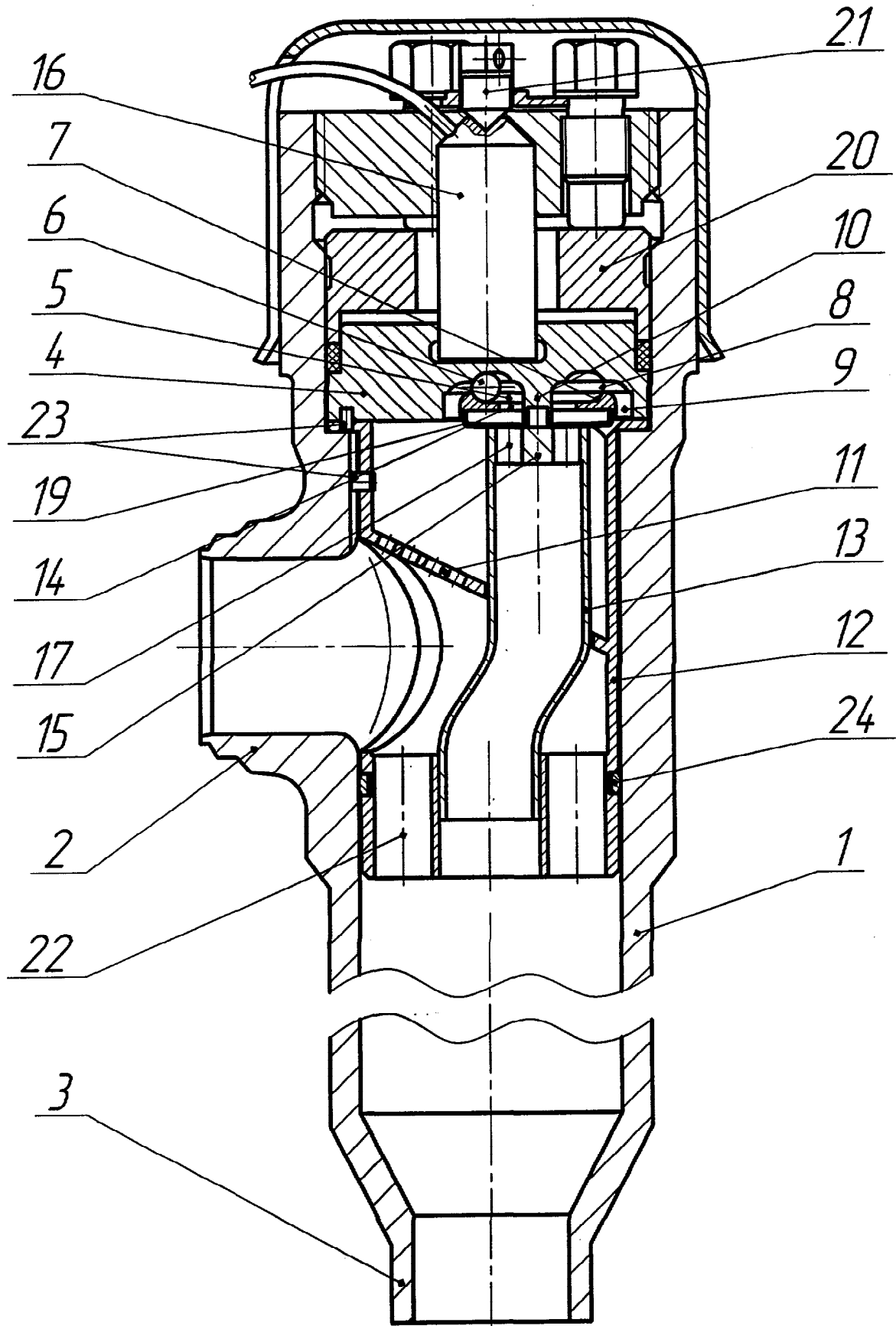
1. Шариковый преобразователь расхода, содержащий корпус с входным угловым и выходным патрубками и крышкой, размещенной на торце корпуса, расположенное между патрубков сужающее устройство, установленную в полости корпуса около крышки кольцевую камеру с дорожкой качения, шаром, каналами завихрителя потока и коаксиальным стержнем-вытеснителем, образующим с кольцевой камерой полость, соединенную с полостью корпуса за сужающим устройством посредством присоединенной к ним трубы, а также узел съема сигнала, отличающийся тем, что в центре дорожки качения выполнен радиальный паз, к которому подключены выходы каналов завихрителя потока, образованных венцом радиальных лопаток, между полостью кольцевой камеры и полостью трубы размещено дополнительное сужающее устройство в виде перегородки с отверстиями, оси которых расположены в плоскостях, проходящих через ось стержня-вытеснителя, но не совпадают с ней, между входным патрубком и кольцевой камерой установлена перфорированная перегородка, а узел съема сигнала размещен на крышке.

2. Шариковый преобразователь расхода по п.1, отличающийся тем, что стенки кольцевой камеры образованы крышкой и венцом радиальных лопаток.

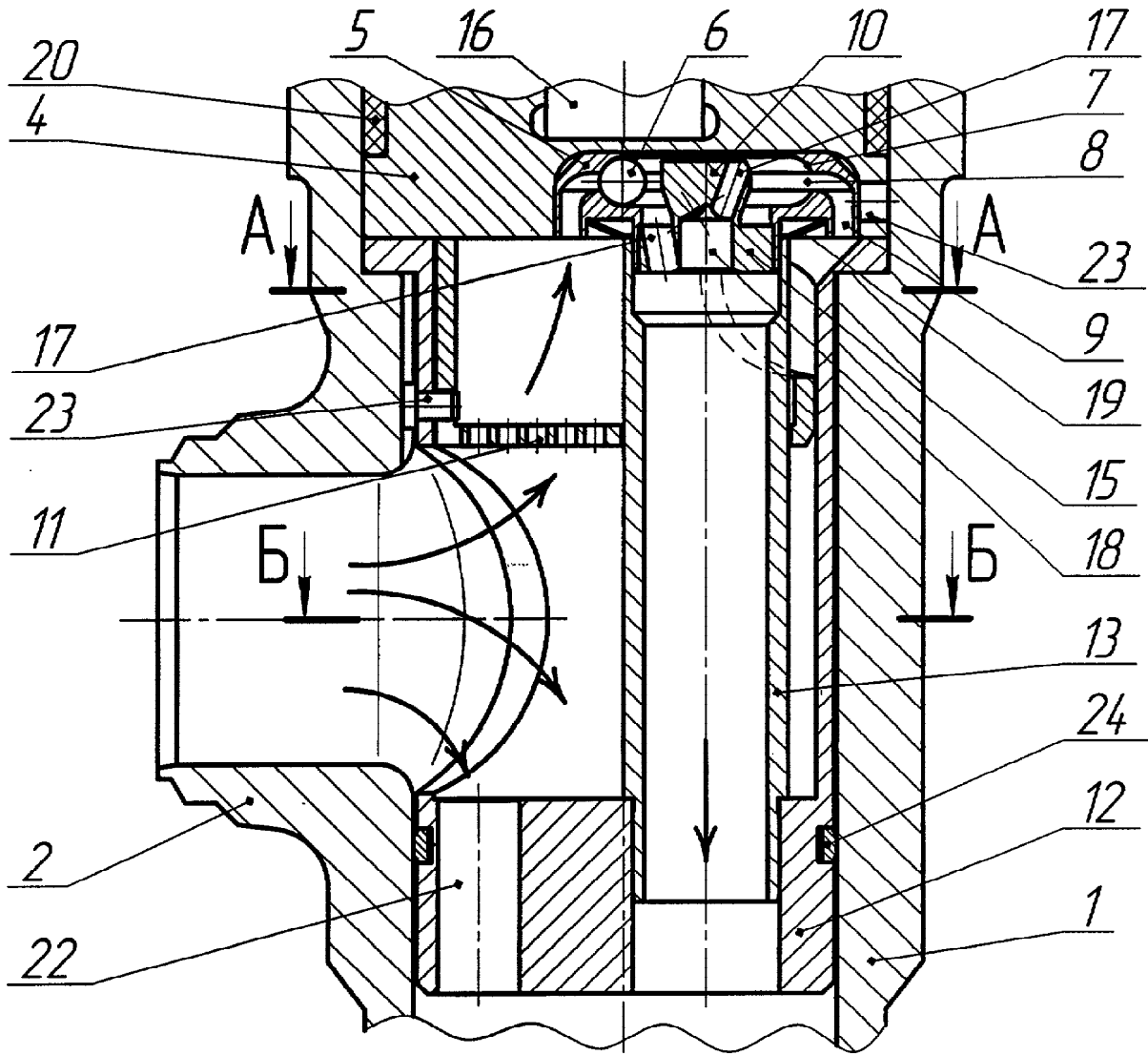
3. Шариковый преобразователь расхода по п.1, отличающийся тем, что кольцевой камерой, завихрителем потока, стержнем-вытеснителем, шаром и дополнительным сужающим устройством образован единый сменный узел.

4. Шариковый преобразователь расхода по п.3, отличающийся тем, что входы отверстий дополнительного сужающего устройства размещены около обоих торцов стержня-вытеснителя, который снабжен внутренней полостью, открытой в полость трубы, а дальние от трубы отверстия имеют выход в полость стержня-вытеснителя.

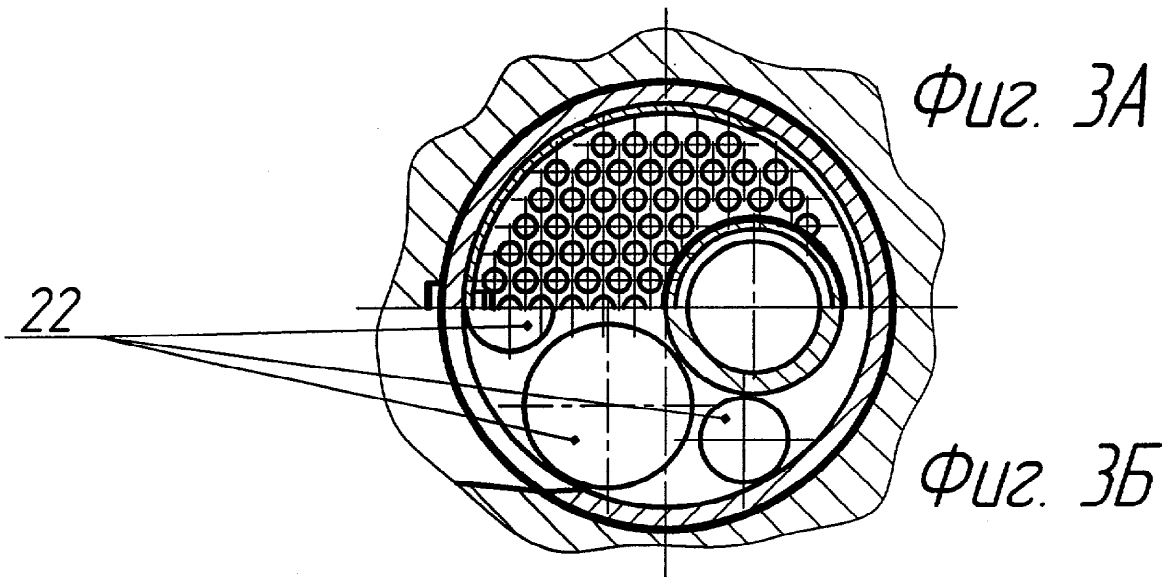
5. Шариковый преобразователь расхода по п.3, отличающийся тем, что в стержне-вытеснителе выполнены продольные пропилены, к торцам которых подключены входы отверстий дополнительного сужающего устройства.

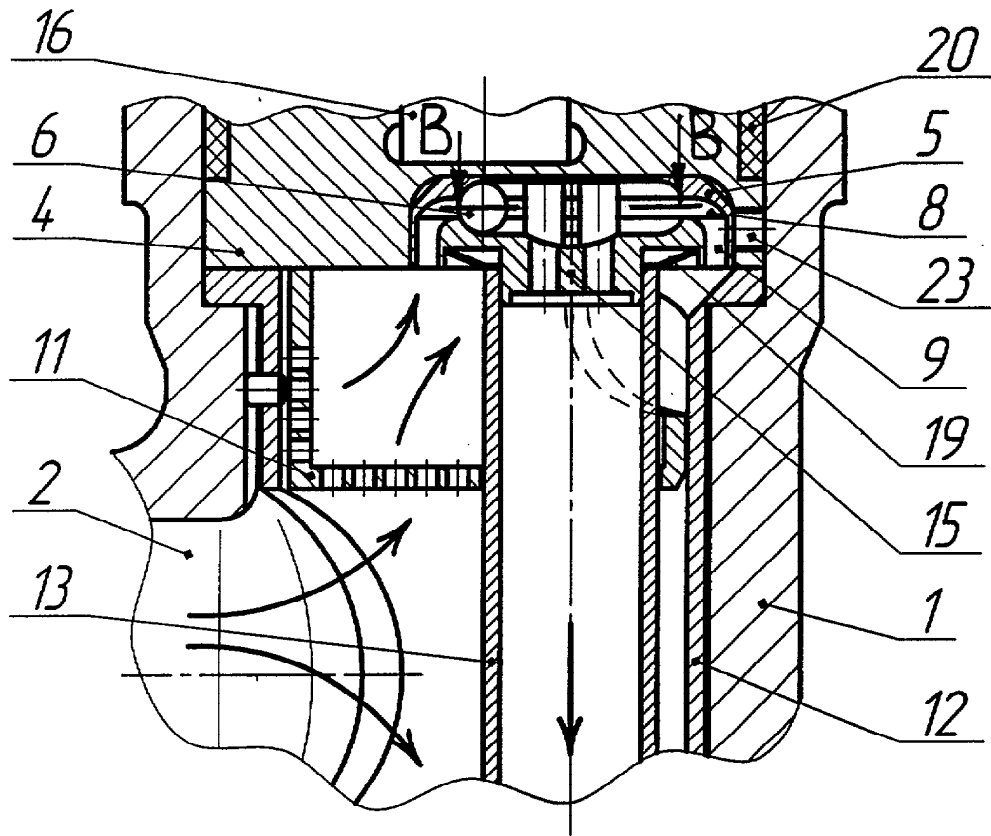


Фиг. 1

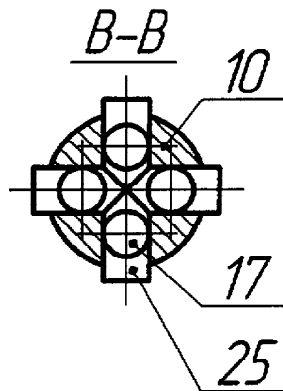


Фиг. 2

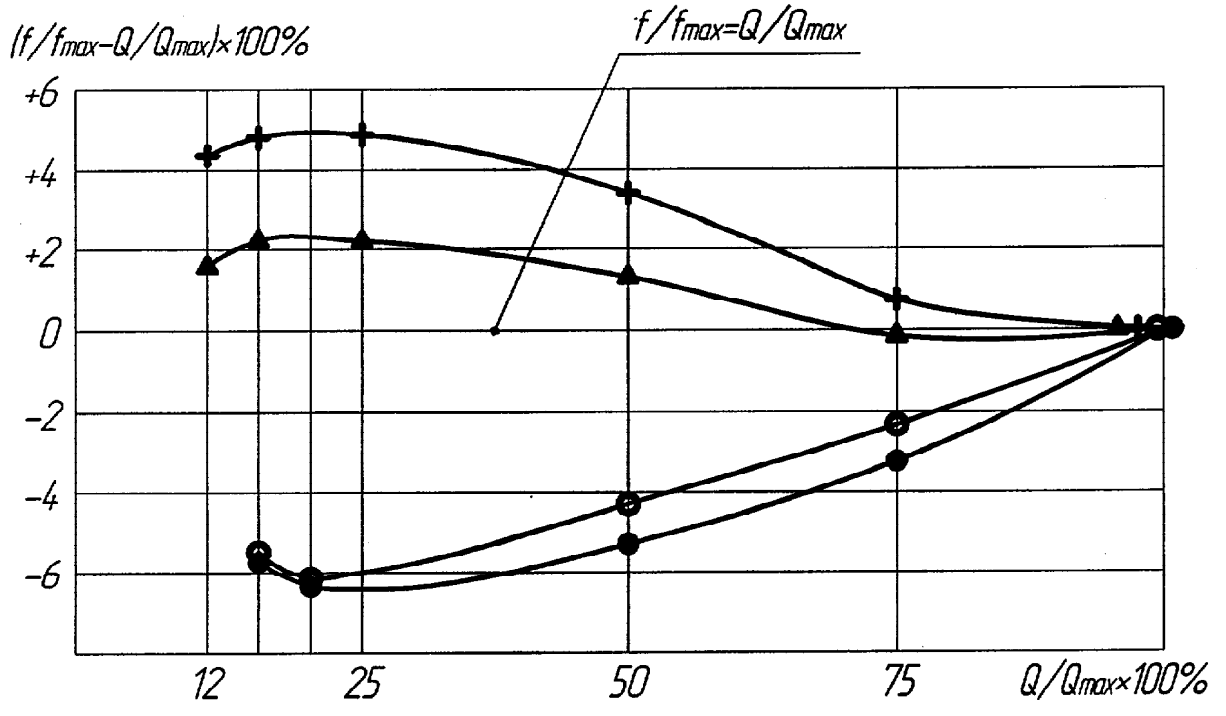




Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6