



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 161 780** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **G 01 F 1/84**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

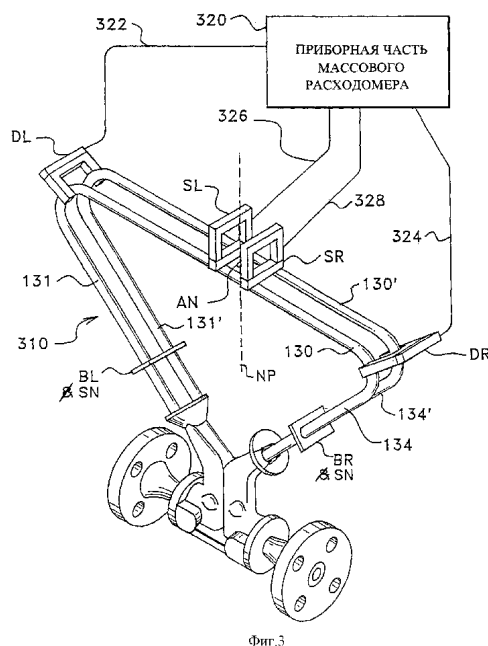
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

- (21), (22) Заявка: 96121234/28, 06.07.1995
(24) Дата начала действия патента: 06.07.1995
(30) Приоритет: 20.07.1994 US 08/277,661
(46) Дата публикации: 10.01.2001
(56) Ссылки: US 5321991 A, 21.06.1994. US 5301557 A, 12.04.1994. US 5115683 A, 26.05.1992. SU 1619044 A1, 07.01.1991.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 26.09.1996
(86) Заявка РСТ: US 95/08491 (06.07.1995)
(87) Публикация РСТ: WO 96/02812 (01.02.1996)
(98) Адрес для переписки: 119034, Москва, Пречистенский переулок 14, строение 1, 4-ый этаж, "Гоулингз Интернэшнл, Инк.", Клюкину В.А.

- (71) Заявитель:
МИКРО МОУШН, ИНК. (US)
(72) Изобретатель: ПАТТЕН Эндрю Тимоти (US), СТАК Чарльз Пол (US), ЛЕВЬЕН Эндрю Кейт (US)
(73) Патентообладатель:
МИКРО МОУШН, ИНК. (US)

(54) РАСХОДОМЕР НА ЭФФЕКТЕ КОРИОЛИСА (ВАРИАНТЫ) И СПОСОБ РАБОТЫ РАСХОДОМЕРА НА ЭФФЕКТЕ КОРИОЛИСА

(57) Изобретения предназначены для измерения массового расхода материалов с малой плотностью, в частности газов под низким давлением. Возбуждают колебания расходных трубок расходомера в заданном режиме, обеспечивающем образование активных узлов вдоль верхних участков трубок. Датчики, измеряющие вибрацию расходных трубок и протекающего через них материала, закрепляют на трубках с противоположных сторон активных узлов возможно ближе к ним и к статическим узлам, которые создаются в месте соединения боковых ветвей расходных трубок. Расстояние, на котором расположены датчики, обеспечивает максимальное увеличение разности фаз между их выходными сигналами при одновременном увеличении отношения сигнал/шум. Изобретения обеспечивают повышенную чувствительность измерения. 3 с. и 14 з.п.ф.-лы, 10 ил.



Фиг.3



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 161 780** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **G 01 F 1/84**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

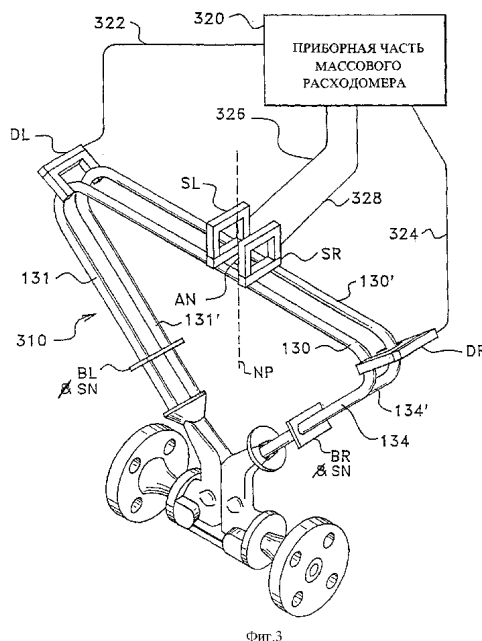
(21), (22) Application: 96121234/28, 06.07.1995
(24) Effective date for property rights: 06.07.1995
(30) Priority: 20.07.1994 US 08/277,661
(46) Date of publication: 10.01.2001
(85) Commencement of national phase: 26.09.1996
(86) PCT application:
US 95/08491 (06.07.1995)
(87) PCT publication:
WO 96/02812 (01.02.1996)
(98) Mail address:
119034, Moskva, Prechistenskij pereulok 14,
stroenie 1, 4-yj ehtazh, "Goulingz
Internehshnl, Ink.", Kljukinu V.A.

(71) Applicant:
MIKRO MOUShN, INK. (US)
(72) Inventor: PATTEN Ehndrju Timoti (US),
STAK Charl'z Pol (US), LEV'EN Ehndrju Kejt (US)
(73) Proprietor:
MIKRO MOUShN, INK. (US)

(54) FLOWMETER BASED ON CORIOLIS EFFECT (VERSIONS) AND METHOD OF ITS OPERATION

(57) Abstract:

FIELD: measurement of mass flow rate of materials. SUBSTANCE: flowmeter is used for measuring mass flow rate of low-density materials, particularly, gases under low pressure. For operation of flowmeter oscillations of its flow tubes are excited in preset mode which ensures formation of active nodes along upper sections of tubes. Sensors measuring vibration of flow tubes and material flowing through them are secured on tubes from opposite sides of active nodes as close to them and to static nodes as possible. Static nodes are created at joints of side branches of flow tubes. Distance at which sensors are positioned provides for maximum increase in phase difference between their output signals with simultaneous rise of signal-to-noise ratio. EFFECT: enhanced sensitivity of measurement. 17 cl, 10 dwg



RU 2 161 780 C2

RU 2 161 780 C2

Изобретение имеет отношение к созданию расходомеров на эффекте Кориолиса и, в частности, расходомера на эффекте Кориолиса, который включает в себя датчики съема информации, расположенные вблизи одного или нескольких колебательных узлов трубки расходомера.

Расходомеры на эффекте Кориолиса позволяют произвести измерение массового расхода и получить другую информацию относительно потока материала в трубопроводе. В настоящее время известны такие расходомеры, например в соответствии с патентом США N 4109524 с приоритетом от 29 августа 1978 г. и с патентом США N 4491025 с приоритетом от 1 января 1985 г., и с патентом США Re. 31.450 с приоритетом от 11 февраля 1982 г., в которых имеется одна или несколько расходных трубок (трубок Вентури) прямой или изогнутой конфигурации. Каждая конфигурация расходной трубки в массовом расходомере Кориолиса имеет набор собственных вибрационных мод (режимов), который может относиться к типу простого изгиба, кручения или к смешанному типу. Каждая расходная трубка приводится в колебательное движение в резонансе на одной из этих собственных мод. Жидкость стекает в расходомер из смежного трубопровода на стороне впуска, направляется в расходную трубку или трубки и вытекает из расходомера на выпускной стороне расходомера. Собственные вибрационные моды вибрирующей, наполненной жидкостью системы трубок определяются частично комбинированной массой расходных трубок и жидкостью (материалом) внутри расходных трубок.

Когда нет потока в расходной трубке, все точки вдоль расходной трубки колеблются в одинаковой фазе в результате приложенной движущей силы. Но как только начнет протекать поток материала, то ускорения Кориолиса приводят к появлению различных фаз для каждой точки вдоль расходной трубки. Фаза стороны впуска расходной трубки имеет запаздывание относительно фазы возбуждения (движущей силы), в то время как фаза на стороне выпуска имеет опережение относительно фазы возбуждения. На корпусе расходной трубки могут быть помещены датчики для выработки синусоидальных сигналов, несущих информацию относительно движения расходной трубки. Разность фаз между двумя сигналами датчиков пропорциональна массовому расходу (скорости потока) жидкости, протекающей через расходную трубку.

Осложняющим фактором при этом измерении является изменение плотности типичных обрабатываемых жидкостей. Изменения плотности вызывают изменение частот собственных мод. Так как система управления расходомера поддерживает резонанс, при изменении плотности происходит изменение частоты колебаний. В этой ситуации массовый расход пропорционален отношению разности фаз и частоты колебаний.

В указанном патенте США Re. 31.450 раскрывается расходомер на эффекте Кориолиса, в котором удается избежать необходимости одновременного измерения как разности фаз, так и частоты колебаний. Разность фаз в этом расходомере определена

путем измерения временной задержки между уровнями перекрытия двух синусоидальных сигналов. При использовании такого метода измерения изменения в частоте колебаний устраняются, а скорость массового расхода становится пропорциональной измеренной временной задержке. Поэтому в последующем изложении этот метод измерения именуется как измерение временной задержки или Δt -измерение.

Так как фазовый сдвиг между выходными сигналами двух датчиков пропорционален скорости массового расхода материала в расходной трубке (трубках), то иногда может быть достигнута точка, в которой фазовый сдвиг не может быть измерен, так как скорость массового расхода уменьшается по причине ограничений приборной чувствительности и из-за шумов. Когда необходимо измерять скорость массового расхода материала низкой плотности при низком давлении, такого как газ, требуется чрезвычайно высокая чувствительность измерения фазы, чтобы обнаружить соответствующий малый фазовый сдвиг между выходными сигналами расходомера. Большинство известных расходомеров на эффекте Кориолиса не имеют такой высокой чувствительности измерения фазы, чтобы производить измерение массового расхода газа под низким давлением или при низкой скорости массового расхода.

В связи с изложенным, существует необходимость в создании расходомера повышенной чувствительности, который позволял бы измерять скорость массового расхода такого материала, как газ под низким давлением или при низкой скорости массового расхода.

Указанная проблема обеспечения более высокой чувствительности для расходомера на эффекте Кориолиса разрешена в расходомере в соответствии с настоящим изобретением, в котором обеспечено контролируемое размещение датчиков в непосредственной близости от узла, причем узел включает в себя как некоторые статические узлы, так и некоторые вибрационные узлы (именуемые далее "активными узлами") расходных трубок, для обеспечения повышенной чувствительности. Узлом является точка нуля амплитуды колебаний вдоль колеблющейся расходной трубки. Статическим узлом является узел, расположенный на скрепляющей штанге расходной трубки или на другом фиксирующем узле расходной трубки, где колебание расходной трубки механически тормозится для создания нулевой точки амплитуды колебаний. Активным узлом или узлами являются узлы, которые могут быть свободно получены в любом месте расходной трубки, отличающемся от местоположения статического узла, причем местоположение (местоположения) активного узла определяется частотой колебаний, положением возбудителя и результирующим колебанием расходной трубки, когда в ней нет потока материала.

В соответствии с настоящим изобретением предлагаются усовершенствованный способ и устройство для измерения скорости массового расхода протекающего в трубопроводе материала. Предложенные способ и устройство обеспечивают повышенную

чувствительность измерения, так что может быть измерена скорость массового расхода материалов малой плотности, таких как газы низкого давления. При работе расходомера в соответствии с настоящим изобретением расходная трубка колеблется и измеряют разность времени (Δt) выходных сигналов двух датчиков, которые контролируемым образом размещены в непосредственной близости от одного или нескольких узлов. Повышенную чувствительность измерения обеспечивают за счет возможно более близкого и практически осуществимого расположения двух датчиков к узлу вдоль расходной трубки.

В расходомере в соответствии с настоящим изобретением используют один или несколько возбудителей, которые приводят расходную трубку (или две расположенные параллельно расходные трубки) в колебание на частоте, которая образует желательные активные узлы. Указанные возбудители контактируют с расходной трубкой (трубками) на антиузле или вблизи от него, или же в любом другом местоположении, кроме узла собственной частоты колебания расходной трубки (трубок).

В описании раскрыты два примерных варианта построения устройства в соответствии с настоящим изобретением, в которых используются две параллельные расходные трубки "модифицированной U-формы", имеющие главным образом прямую верхнюю секцию, которая соединена с двумя идущими вниз и внутрь наклонными "ветвями" расходной трубки. В соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения расходные трубки колеблются таким образом, чтобы генерировать (создавать) единственный активный узел, который может быть расположен посередине верхней секции, соединяющей ветви расходных трубок. Два датчика для измерения движения расходных трубок расположены в непосредственной близости от активного узла с его противоположных сторон.

В соответствии с альтернативными вариантами осуществления настоящего изобретения расходные трубки колеблются на более высокой частоте (чем в первом варианте), чтобы получить множество активных узлов. В этих альтернативных вариантах два датчика съема информации могут быть расположены на противоположных ветвях трубок, причем один из датчиков расположен над активным узлом на одной ветви трубок, а другой датчик расположен ниже соответствующего активного узла на другой ветви трубок. Такое размещение датчиков на противоположных ветвях трубок позволяет поместить их возможно ближе к соответствующему активному узлу, при отсутствии ограничения, вызванного физическим размером датчиков.

Во всех режимах колебаний датчики съема информации контролируемым образом размещены в достаточной близости от одного активного или статического узла, чтобы получить максимальное отношение сигнал/шум в электронном устройстве датчика.

Расходомер в соответствии с настоящим изобретением может быть использован как с главным образом прямыми, так и с изогнутыми трубками, также как и с другими формами трубок.

Указанные ранее и другие преимущества и характеристики изобретения будут более ясны из последующего детального описания преимущественного варианта его осуществления, приведенного со ссылкой на сопроводительные чертежи.

На фиг. 1 показан известный ранее расходомер на эффекте Кориолиса.

На фиг. 2 графически отображено соотношение между амплитудой выходного сигнала, фазой и положением датчиков на расходной трубке относительно активного узла, а также уровнем шума электронного блока расходомера.

На фиг. 3 показан примерный вариант построения расходомера в соответствии с настоящим изобретением, в котором использована расходная трубка измененной U-формы.

На фиг. 4 и 5 показаны местоположения датчиков съема информации и возбудителей для общего случая режимов изгиба и кручения соответственно.

На фиг. 6 показаны местоположения датчика и возбудителя для расходомера, работающего в режиме изгиба.

На фиг. 7 и 8 показаны местоположения датчика и возбудителя для первого не синфазного (не совпадающего по фазе) режима кручения и для второго не синфазного режима кручения соответственно.

На фиг. 9 показан другой альтернативный вариант в соответствии с настоящим изобретением, в котором использована прямая расходная трубка.

На фиг. 10 показано перемещение различных участков расходной трубки фиг. 9.

На фиг. 1 показан расходомер на эффекте Кориолиса 10 и измерительный электронный блок 20. Измерительный электронный блок 20 подключен к расходомеру на эффекте Кориолиса 10 при помощи проводов 100 для получения информации о плотности, скорости массового расхода, объемной скорости потока и об обобщенном массовом расходе на выходе 26.

Измерительный блок 10 включает в себя два патрубка 110 и 110', трубные элементы 150 и 150', две параллельные расходные трубки 130 и 130', механизм возбуждения (привода) 180, а также два датчика скорости 170L и 170R. Расходные трубки 130 и 130' имеют две главным образом прямые входные ветви 131 и 131' и выходные ветви 134 и 134', которые сходятся друг с другом в элементах патрубков 120 и 120'. Скрепляющие штанги 140 и 140' определяют оси W и W', вокруг которых колеблется каждая расходная трубка.

Боковые ветви 131 и 134 и расходные трубки 130 и 130' жестко связаны с установочными блоками 120 и 120', которые, в свою очередь, жестко связаны с элементами патрубков 150 и 150'. Это обеспечивает непрерывный замкнутый поток материала через измерительный блок 10.

Когда измерительный блок 10, имеющий фланец 103 с отверстиями 102, соединяют через впускной конец 104' и выпускной конец 101' с системой расходной трубки (не показана), в которой течет подлежащий измерению обрабатываемый материал, то этот материал поступает в измерительный блок 10 через отверстие 101 во фланце 103 конца 104 впускного патрубка 110 и проходит

по каналу с постепенно изменяющимся поперечным сечением к элементам патрубка 120, имеющим поверхность 121. Здесь материал разделяется и направляется через входные ветви 131 и 131' расходных трубок 130 и 130' и выходные ветви 134 и 134'. После выхода из ветвей 134 и 134' материал объединяется в единый поток в элементах патрубка 150' и после этого направляется к выходному патрубку 110'. Внутри выходного патрубка 110' материал проходит по каналу, имеющему аналогичное впускному патрубку 110 постепенно изменяющееся поперечное сечение, к отверстию 101' и к выпускному концу 104'. Выпускной конец 104' соединен при помощи фланца 103', имеющего отверстия 102' под болты, с системой трубопровода (не показана).

Расходные трубки 130 и 130' выбраны и соответствующим образом установлены на элементах 120 и 120' таким образом, чтобы иметь одинаковое распределение массы, моментов инерции и модулей упругости относительно осей W-W и W'-W' соответственно. Эти оси изгиба являются статическими узлами и расположены вблизи скрепляющих штанг 140 и 140' и элементов 120 и 120'. Расходные трубки выходят наружу из установочных блоков главным образом параллельно и имеют главным образом одинаковое распределение массы, моментов инерции и модулей упругости относительно их соответствующих осей изгиба.

Обе расходные трубки 130 и 130' приводятся в движение возбудителем 180 в противоположных направлениях относительно их соответствующих осей изгиба W и W', что именуется первой не синфазной частотой собственных колебаний расходомера. Этот режим вибрации также именуется не синфазным режимом изгиба. Обе расходные трубки 130 и 130' колеблются не синфазно, как ветви камертона. Механизм возбуждения 180 может иметь любое известное построение, такое, например, как включающее в себя магнит, установленный на расходной трубке 130', и расположенную напротив него катушку, установленную на расходной трубке 130, через которую протекает переменный ток для создания вибраций обеих расходных трубок. Соответствующий сигнал возбуждения поступает на механизм возбуждения 180 от измерительного электронного блока 20 по проводам 185.

Элемент возбуждения 180 и возникающие силы Кориолиса вызывают периодические колебания расходных трубок 130 относительно осей изгиба W и W'. Во время первой половины периода колебаний расходных трубок 130 смежные боковые ветви 131 и 131' принуждаются сдвигаться ближе друг к другу, чем их дополняющие боковые ветви 134 и 134', причем конец их перемещения достигается при прохождении их скорости через нуль, ранее аналогичного для дополняющих боковых ветвей. Во время второй половины периода колебаний Кориолиса происходит противоположное относительное движение расходных трубок 130, при этом смежные боковые ветви 134 и 134' принуждаются сдвигаться ближе друг к другу, чем их дополняющие боковые ветви 131 и 131', поэтому в результате конец перемещения ветвей 134 достигается при прохождении их скорости через нуль, ранее

аналогичного для ветвей 131 и 131'. Указанный временной интервал (который также именуется здесь как фазовый сдвиг при определенной частоте или разность времени или просто величина " Δt "), который протекает от того момента, когда одна пара смежных боковых ветвей достигает их концевой точки перемещения, до того момента, когда дополняющая пара ветвей (то есть тех ветвей, которые ранее принуждались раздвигаться), достигает их соответствующей концевой точки перемещения, главным образом пропорционален скорости массового расхода обрабатываемого материала, протекающего через измерительный блок 10.

Для измерения временного интервала Δt используются датчики 170L и 170R, закрепленные на расходных трубках 130 и 130' вблизи их верхних концов. Могут быть использованы датчики любого известного типа. Сигналы, вырабатываемые датчиками 170L и 170R, создают профиль скорости полного перемещения расходных трубок и могут быть обработаны измерительным электронным блоком 20 при помощи любого из хорошо известных способов для получения временного интервала Δt и затем массового расхода материала, проходящего через расходомер.

При помощи датчиков 170L и 170R создаются правый и левый сигналы скорости на соответствующих проводах 165L и 165R. Разность времени Δt дает информацию о фазовом сдвиге между правым и левым сигналами скорости. Следует, однако, обратить внимание на то, что датчики 170L и 170R расположены на значительном расстоянии от статических узлов, которые располагаются на скрепляющих штангах 140 и 140' соответственно. Как объяснено далее, это увеличенное расстояние между статическими узлами и датчиками снижает разрешающую способность измерения потока материала.

Сигналы левой и правой скорости поступают на электронный измерительный блок 20 по проводам 165L и 165R соответственно. Электронный измерительный блок 20 также вырабатывает сигнал возбуждения, который прикладывается по проводу 185 к элементу возбуждения 180, который создает колебания расходных трубок 130 и 130'. Электронный измерительный блок 20 обрабатывает принятые сигналы левой и правой скорости для получения скорости массового расхода, объемной скорости потока и плотности материала, проходящего через измерительный блок 10.

На фиг. 2 графически отображена связь между различными параметрами расходомера на эффекте Кориолиса 310 (фиг. 3) по отношению к размещению датчиков S на расходных трубках 130 и 130'. Показанные на фиг. 2 параметры включают в себя фазу и амплитуду смещения (сдвига) колеблющихся расходных трубок для различных возможных положений датчиков, выходные сигналы датчиков, которые могут быть получены при помещении датчика в различные положения на расходной трубке, имеющийся фазовый сдвиг между выходными сигналами двух датчиков для различных положений датчиков, и уровень шума в выходном сигнале датчика. Фиг. 2 применима как в режиме изгиба, так и кручения, и может быть использована для

всех видов расходомеров на эффекте Кориолиса, в том числе, но без ограничения, для расходомеров, показанных на фиг. 1, 3 и 9.

Термин "амплитуда выходного сигнала" относится к амплитуде сигнала на выходе датчиков съема информации SL и SR (фиг. 3). Амплитуда выходного сигнала пропорциональна смещению расходных трубок от их центрального положения. По оси у отложен тангенс, который представляет собой фазовый сдвиг между выходными сигналами двух датчиков. По оси x отложено расстояние от единственного активного узла AN до различных местоположений, в которые могут быть установлены контролируемым образом датчики, на любой стороне активного узла AN, который показан вертикальной линией посередине фиг. 2. Левая вертикальная линия BL отображает положение левой скрепляющей штанги, такой как скрепляющая штанга BL, показанная на фиг. 3. Самая правая вертикальная линия BR отображает положение правой скрепляющей штанги (фиг. 3) относительно активного узла AN. Вертикальные линии DL и DR, расположенные слева и справа от активного узла AN, отображают положение возбудителей DL и DR (фиг. 3).

Кривая 201 отображает фазовый сдвиг, который получают, когда левый датчик SL перемещают в любое из возможных положений в диапазоне от скрепляющей штанги BL слева от активного узла AN направо. Можно видеть, что фазовый сдвиг выходного сигнала этого датчика имеет умеренную амплитуду вблизи вертикальной линии BL, которая затем уменьшается и продолжает уменьшаться в районе вертикальной линии 206. Указанный уровень шума сохраняется до достижения района, связанного с вертикальной линией 207. Начиная отсюда и в правую сторону фазовый сдвиг значительно увеличивается по мере приближения местоположения датчика к активному узлу AN. Фазовый сдвиг правого датчика DR отрицательный, как это показано в нижнем правом квадранте фиг. 2, и изменяется от умеренного уровня вблизи положения вертикальной линии BR. Из этого положения он уменьшается и продолжает уменьшаться в районе между вертикальными линиями 214 и 213. Фазовый сдвиг существенно возрастает в отрицательном направлении по мере приближения местоположения датчика к активному узлу AN.

Сдвиги различных участков расходных трубок показаны на кривой 203. Кривая 203 также указывает относительную амплитуду выходных сигналов датчика для каждого положения кривой 203. Можно видеть, что выходные сигналы датчика 203 лежат ниже уровня шума вблизи вертикальных линий правой скрепляющей штанги BR и левой скрепляющей штанги BL, а также в окрестности активного узла AN, представленной местоположениями между вертикальными линиями 209 и 211. Местоположения расходной трубки между вертикальными линиями 206 и 207 являются не оптимальными местоположениями для размещения левого датчика SL, так как получаемый фазовый сдвиг является относительно малым. То же самое относится и к местоположению правого датчика SR между

вертикальными линиями 213 и 214. Местоположения между вертикальными линиями 207 и 209 являются оптимальными для размещения левого датчика SL, так как позволяют получить относительно высокую амплитуду выходного сигнала и значительный фазовый сдвиг на выходе датчика SL. Аналогично, местоположения правого датчика SR между вертикальными линиями 211 и 213 являются оптимальными для размещения правого датчика SR, так как позволяют получить относительно высокую амплитуду выходного сигнала и значительный фазовый сдвиг на выходе датчика SR.

В соответствии с настоящим изобретением, левый датчик SL контролируемым образом размещают между местоположениями расходной трубки, связанными с линиями 207 и 209, чтобы избежать проблем, связанных с шумами, и получить выходной сигнал адекватной амплитуды и фазового сдвига. Аналогично, правый датчик SR контролируемым образом размещают линиями 211 и 213, чтобы получить выходной сигнал адекватной амплитуды и фазового сдвига, а также минимальный уровень шума.

Указанный в соответствии с настоящим изобретением принцип расположения датчиков S возможно ближе к узлу N, вне зависимости от того, является ли этот узел активным узлом AN и/или статическим узлом (или узлами) SN, не зависит от типа использованной расходной трубки. Датчики S могут охватывать активный узел AN, когда он является узлом, не расположенным на скрепляющей штанге или в другой опорной точке, или могут быть расположены возможно ближе к статическому узлу SN, который расположен на скрепляющей штанге B. Датчики S могут охватывать два активных узла AN, как это далее описано со ссылкой на фиг. 5. Чем ближе датчики расположены к узлу N, тем больше величина Δt и в результате выше чувствительность измерения массового расхода. Однако амплитуда выходного сигнала для расходной трубки обратно пропорциональна величине Δt . В соответствии с настоящим изобретением датчики S контролируемым образом размещают возможно ближе к узлу (узлам) N, однако на достаточном расстоянии от узла (узлов) N, чтобы получать амплитуду выходного сигнала с приемлемым отношением сигнал/шум.

На фиг. 3 показан примерный вариант построения расходомера 310 в соответствии с настоящим изобретением, в котором использована расходная трубка модифицированной U-формы. Термин "расходная трубка модифицированной U-формы" относится к расходным трубкам, которые включают в себя трубки главным образом D-формы, трубки с главным образом прямыми секциями, также как и трубки с главным образом нелинейными или изогнутыми секциями. Конструкция и работа показанного на фиг. 3 устройства в основном совпадают с описанием фиг. 1, за исключением местоположения возбудителей DL и DR и датчиков съема информации SL и SR. Несмотря на то что возбудители DL и DR также находятся в отличном (другом) положении на расходных трубках 130 и 130' в сравнении с показанным на фиг. 1

устройством, первоначально при описании устройства внимание будет обращено на различные построения датчиков, установленных в непосредственной близости от одного активного узла, расположенного в середине верхней секции расходных трубок 130 и 130'. Следует иметь в виду, что описание этого варианта построения дано только для пояснения принципа работы и не носит характера, ограничивающего объем патентных притязаний. За рамки настоящего изобретения не выходят и другие варианты построения устройства.

Показанный на фиг. 3 расходомер работает в не синфазном режиме кручения и генерирует один активный узел AN, который расположен на пересечении оси NP и средней плоскости между осями расходных трубок 130 и 130'. Возбудители DL и DR расположены на противоположных концах прямой секции расходных трубок 130 и 130', которая далее именуется "верхней" секцией расходомера 310. Возбудители DL и DR работают не синфазно и создают сигналы возбуждения 322 и 324 кручения верхних участков расходных трубок 130 и 130' относительно оси NP. Расходомер на эффекте Кориолиса 310 включает в себя датчики съема информации SL и SR, установленные в непосредственной близости от активного узла AN, для того, чтобы получить максимальное значение сигнала Δt при допустимых отношениях сигнал/шум в приборной части расходомера. Приборная часть 320 массового расходомера соединена с датчиками SL и SR проводами 326 и 328, а с возбудителями DL и DR проводами 322 и 324 соответственно. Приборная часть 320 массового расходомера эффективно осуществляет функции, аналогичные функциям измерительного электронного блока 20, описанного и показанного на фиг. 1.

Существуют два типа вибрационных режимов работы, которые представляют интерес для раскрытых в настоящем изобретении расходомеров. Это режимы изгиба и кручения. Расходные трубки могут быть возбуждены в любом из многих режимов, в том числе в "режиме изгиба" и в различных "не синфазных режимах кручения". Режим изгиба осуществляют возбуждением расходных трубок не синфазно относительно осей W и W' на относительно низкой частоте, как это показано для расходомера фиг. 1. В этом случае статические узлы создаются на скрепляющих штангах 140 и 140'. Скрепляющие штанги 140 и 140' в этом случае являются точками поворота для не синфазных вибраций расходных трубок. Не синфазные режимы кручения достигаются возбуждением расходных трубок на их сторонах скручивающим образом при частоте, которая обычно выше, чем используемая в режиме изгиба. Колебания расходных трубок в одном из возможных режимов кручения приводят к появлению единственного активного узла AN, расположенного в верхней секции посередине расходной трубки. Это показано на фиг. 3.

В известном устройстве, описанном со ссылкой на фиг. 1, использован возбудитель 180, установленный на верхней секции расходных трубок 130 и 130', которая соединена с ветвями 131/131' и 134/134'. При таком построении расходные трубки работают в первом не синфазном режиме изгиба, при

котором создаются статические узлы на скрепляющих штангах 140 и 140'. В известных расходомерах на эффекте Кориолиса размещают датчики таким образом, чтобы получить относительно высокую амплитуду выходного сигнала. Однако в этих известных расходомерах на эффекте Кориолиса не размещают датчики в непосредственной близости от узла (узлов) таким образом, чтобы получить максимальный фазовый сдвиг между выходными сигналами.

Когда ветви 131/131' и 134/134' расходных трубок, такие как показанные на фиг. 3, возбуждаются в первом не синфазном режиме кручения, создаются статические узлы SN на скрепляющих штангах BR и BL соответственно и создается один активный узел AN на верхней центральной секции расходных трубок 130 и 130'. Однако в обычных системах не используют активный узел AN или статические узлы SN как "точку фокуса" для установки датчиков.

Настоящее изобретение не ограничено случаем размещения датчиков S в непосредственной близости от центрального активного узла AN для обеспечения повышенной точности измерения. Настоящее изобретение предусматривает также использование других режимов кручения для обеспечения повышенной точности измерения по сравнению с известными расходомерами на эффекте Кориолиса. В настоящем изобретении по желанию могут быть использованы более высокие частоты возбуждения в режиме кручения для создания двух или более активных узлов AN. Число и расположение активных узлов AN может быть определено выбором частоты и местоположения возбудителей DL и DR на расходных трубках 130 и 130'.

В режиме кручения, таком как показанный на фиг. 3, возбудители DL и DR расположены на противоположных концах ветвей расходных трубок 130 и 130' в любом не узловом положении. В любом режиме работы (при изгибе или кручении) датчики SL и SR контролируемым образом размещены в непосредственной близости от активного узла AN (или от противоположных активных узлов) для того, чтобы получить максимальное значение сигнала Δt для работы при допустимых отношениях сигнал/шум.

На фиг. 4 и 5 показано местоположение датчиков и возбудителей по отношению к расположениям узлов "типового" расходомера, который может иметь прямую, U-образную или нерегулярную конфигурацию расходных трубок. На фиг. 4 изображена амплитуда сдвига расходной трубки, показанная кривой A, по отношению к положениям датчиков S1 и S2 и возбудителей DL и DR, расположенных вдоль расходной трубки FT относительно единственного активного узла AN. Несмотря на то что в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения используются две параллельные расходные трубки FT, для большей ясности на фиг. 4 и 5 показана одна расходная трубка. Когда расходные трубки работают в режиме кручения в соответствии с вариантом, показанным на фиг. 3, датчики S1 и S2 фиг. 4 расположены в непосредственной близости от активного узла AN, с учетом ограничений, налагаемых отношением сигнал/шум, как это было описано для фиг. 2. Так как в некоторых

случаях физические размеры датчиков S могут препятствовать их близкому расположению друг от друга в непосредственной близости от активного узла AN, вариант исполнения, показанный на фиг. 5, предлагает альтернативное решение этой особой проблемы. В этом случае статические узлы SN расположены на скрепляющих штангах BL и BR, или рядом с ними.

На фиг. 5 показана расходная трубка (трубки), работающая во втором не синфазном режиме кручения, как это описано далее более подробно. В этом режиме кручения имеются два активных узла AN1 и AN2, также как и два возбудителя DL и DR. Несмотря на то что для ясности изложения показана только одна расходная трубка, могут быть использованы и две расходные трубки. Наличие двух активных узлов AN1 и AN2 позволяет использовать два датчика S1-S2 и S3-S4 в любом из четырех возможных местоположений. Так, например, два датчика могут быть расположены в местоположениях S1 и S2, S3 и S4, S1 и S4 или S2 и S3. Так как имеются два активных узла AN1 и AN2, то возможность расположения датчиков с противоположных сторон расходных трубок позволяет разместить датчики в непосредственной близости от желательных узлов и устранить ограничения, связанные с физическими размерами (датчиков), которые возникали в случае необходимости расположения датчиков с противоположных сторон от данного узла. В показанном на фиг. 5 варианте построения может быть применен как центральный возбудитель DC, так и возбудители DL и DR. Статические узлы SN расположены на скрепляющих штангах BL и BR или рядом с ними.

В соответствии с настоящим изобретением на фиг. 6 показаны местоположения датчика и возбудителя для расходомера, работающего в первом не синфазном режиме изгиба. На фиг. 6 показано положение элементов расходомера при отсутствии потока. Состояние при отсутствии отклонения показано пунктиром. Отклоненное положение показано непрерывными линиями. На фиг. 6, как и известном решении фиг. 1, возбудитель D1 расположен вблизи средней точки верхней секции расходных трубок 130 и 130' и создает колебания расходных трубок, при которых образуются статические узлы SN на скрепляющих штангах BL и BR соответственно. Однако в показанном на фиг. 6 варианте построения датчики SR и SL смещены вниз по сравнению с положением датчиков 170R и 170L фиг. 1, в положение, расположенное ближе к каждому статическому узлу SN на скрепляющих штангах BL и BR соответственно. В результате такого расположения датчиков в непосредственной близости от узлов достигается повышенная чувствительность измерения.

На фиг. 7 и 8 показаны местоположения датчика и возбудителя для первого не синфазного режима кручения и второго не синфазного режима кручения соответственно.

Как показано на фиг. 7, возбудители DL и DR создают колебания расходных трубок 130 и 130' в первом не синфазном режиме кручения. Состояние при отсутствии отклонения показано пунктирными линиями FT0 и FT0'. Состояние при номинальном потоке показано линиями FT1 и FT1'. В этом

особом режиме кручения датчики SR и SL расположены в непосредственной близости от активного узла AN. Непосредственная близость датчиков SR и SL от активного узла AN выбрана в соответствии с указаниями, установленными при обсуждении фиг. 2.

На фиг. 8 показан случай второго не синфазного режима кручения в соответствии с настоящим изобретением. Фиг. 8 может быть сравнена с фиг. 5, на которой показаны два активных узла AN1 и AN2, позволяющие обеспечить большие возможности в размещении датчиков. Состояние при отсутствии отклонения показано пунктирными линиями FT0 и FT0'. Состояние при номинальном потоке показано линиями FT1 и FT2. В этом особом режиме использованы три возбудителя DL, DC и DR. Эта система возбудителей создает активные узлы AN1 и AN2 на верхней секции расходных трубок 130 и 130'. Для создания таких узлов могут быть использованы и два возбудителя; в таком случае один возбудитель должен быть установлен на верхней секции расходной трубки, а другой - на любой из двух сторон. Датчики SL1 и SL2 расположены в непосредственной близости от активного узла AN1, а датчики SR1 и SR2 расположены в непосредственной близости от активного узла AN2.

Другой возможный примерный вариант построения устройства в соответствии с настоящим изобретением показан на фиг. 9, на которой трубная секция поддерживается элементами 912, 914. Расстояние между этими элементами определяет частоту, на которой вибрирует труба 910, так как это расстояние по меньшей мере равно длине волны частоты возбуждения. В том случае, когда длина трубки 910 слишком велика для практического осуществления расходомера, могут быть использованы установленные на трубке 910 опоры в дополнение к элементам 912 и 914, расположенные между ними. Элементы расходомера в соответствии с настоящим изобретением, которые необходимы для измерения скорости массового расхода материала, текущего по трубке, могут быть закреплены на одной трубке 910 без необходимости существенных модификаций или изменений этой трубки. Показана трубка 910 главным образом прямой и с постоянным поперечным сечением. Следует иметь в виду, что расходомер в соответствии с настоящим изобретением может быть использован также и с трубками различной формы и конфигурации.

Показанный на фиг. 9 вариант исполнения включает в себя возбудитель 920, который непосредственно закреплен на трубке 910 в антиузле (или вблизи от него) второй гармоники частоты собственных колебаний, или в любом другом местоположении, кроме узла второй гармоники частоты собственных колебаний. Дополнительные возбудители, аналогичные возбудителю 920, также могут быть закреплены на трубке 910 для повышения симметрии или для уравнивания нагрузки трубки. Однако система в соответствии с настоящим изобретением может работать при одном возбудителе, как это показано на фиг. 9. Возбудитель 920 может быть подключен к контуру обратной связи, который включает в себя датчик 930, который установлен на

трубке непосредственно напротив возбудителя или вблизи от возбудителя 920, или закреплен на возбудителе 920. Кроме того, расходомер включает в себя датчики 932L и 932R, которые установлены на трубке 910 в непосредственной близости от местоположения активного узла, показанного пунктирной линией 931. Противовес 940 может быть закреплен на трубке 910 в заданном положении, таком как антиузел гармоника собственной частоты вибраций трубки 910, для балансировки нагрузки, создаваемой возбудителем 920. По желанию в этом местоположении может быть установлен второй возбудитель, причем или противовес 940, или второй возбудитель могут быть устранены.

На фиг. 10 показано смещение (сдвиг) при работе различных участков расходной трубки 910. Амплитудная кривая 1000 фиг. 10 отражает состояние нулевого потока трубки 910, которая вибрирует на своей второй гармонике частоты.

Кривая 1000 имеет нуль амплитуды на каждом из концов, где трубка закреплена в опорах 912 и 914, а также в положении 1002 активного узла, если нет потока. Пиковые значения амплитуды кривой 1000 получают в антиузлах 1004 и 1006. Возбудитель 920 прикладывает к трубке 910 поперечную силу, которая заставляет трубку 910 колебаться. Это показано амплитудной кривой 1000 во время форсированного участка цикла и амплитудной кривой 1000' во время не форсированного участка цикла. Антиузлы 1004, 1006 инверсны по амплитуде в каждом цикле и имеют местоположения 1004', 1006' во время не форсированного участка цикла.

Колебания трубки 910 с текущим в ней материалом создают силы Кориолиса на каждом из элементов трубки. Амплитудные кривые 1010, 1020 трубки с потоком жидкости показаны на фиг. 2. Амплитуды отклонения трубки 910 на фиг. 2 преувеличены, чтобы объяснить работу системы. Воздействие сил Кориолиса на трубку 910 заставляет амплитудную кривую 1010 (соответствующую первому участку цикла возбуждения) сдвигаться влево по отношению к амплитудной кривой 1000 при нулевом потоке. Материал, протекающий в трубке 910, противодействует эффектам, создаваемым вибрирующей трубкой. Начальный участок кривой 1010 имеет меньшую амплитуду в сравнении с кривой 1000 в результате воздействий (эффектов) силы Кориолиса на материал, воздействующий на стенки трубки 910. Это приводит к сдвигу активного узла (точки нулевой амплитуды) в положение 1012 на амплитудной кривой 1010. Аналогично, воздействия силы Кориолиса на трубку 910 во время второго участка цикла приводят к появлению амплитудной кривой 1020 трубки. Узел 1022 (точка нулевой амплитуды) кривой 1020 опережает узел 1002 кривой 1000.

Циклическое продольное смещение узла 1012 и узла 1022 создает циклическое поперечное смещение амплитуды местоположения 1002 трубки 910. Это поперечное смещение, показанное на фиг. 10, происходит между точкой 1018 кривой 1010, показывающей смещение кривой 1010 от местоположения 1002 активного узла, и точкой 1028 кривой 1010, показывающей смещение кривой 1020 от местоположения 1002

активного узла. Это циклическое поперечное смещение местоположения активного узла вызвано воздействиями силы Кориолиса потока жидкости, протекающего через вибрирующую трубку 910. Так как воздействия силы Кориолиса связаны с массой материала, протекающего в трубке 910, измеренное поперечное ускорение и полученное смещение прямо указывают на скорость массового расхода материала.

Несмотря на то что был описан предпочтительный вариант осуществления изобретения, совершенно ясно, что в него специалистами в данной области могут быть внесены изменения и дополнения, которые не выходят, однако, за рамки приведенной далее формулы изобретения.

Формула изобретения:

1. Расходомер (310) на эффекте Кориолиса для измерения характеристик протекающего через него материала, включающий в себя расходную трубку для протекания указанного материала, возбудитель (DL, DR; DL, DC, DR; 920) колебаний указанной расходной трубки с созданием на ней по меньшей мере одного активного узла (AN; AN1; AN2; 931), два датчика (SL, SR; S1, S2; 932L, 932R), измеряющих вибрацию расходной трубки и материала, протекающего через расходомер, для выработки выходных сигналов, отражающих перемещение вибрирующей расходной трубки в результате воздействия сил Кориолиса, генерируемых материалом, протекающим внутри расходной трубки, и средства обработки сигнала (320), которые при поступлении выходных сигналов датчиков вырабатывают информацию о материале, протекающем через расходомер (310), отличающийся тем, что датчики (SL, SR; S1, S2; 932L, 932R) закреплены на расходной трубке (130, 130'; 910) с противоположных сторон по меньшей мере одного активного узла (AN; AN1, AN2; 931), при расположении возможно ближе к по меньшей мере одному активному узлу на расстоянии, обеспечивающем максимальное увеличение разности фаз с одновременным обеспечением амплитуды сигнала, достаточной для получения заданного отношения сигнал/шум.

2. Расходомер по п.1, отличающийся тем, что расходная трубка выполнена в виде двух расходных трубок (130, 130').

3. Расходомер по п. 2, отличающийся тем, что трубки (130, 130') имеют верхний участок и боковые ветви (131, 131', 134, 134'), нижний участок которых соединен со скрепляющими штангами (BL, BR), в месте размещения которых создаются статические узлы (SN).

4. Расходомер по п.3, отличающийся тем, что возбудитель (DL, DR) создает колебания расходных трубок (130, 130') таким образом, что образуется единственный активный узел (AN), расположенный в центре верхнего участка трубок, при этом два датчика (SL, SR; S1, S2) размещены с противоположных сторон от активного узла (AN).

5. Расходомер по п.3, отличающийся тем, что возбудитель (DL, DR; DL, DC, DR) создает колебания расходных трубок (130, 130') таким образом, что образуются два активных узла (AN1, AN2).

6. Расходомер по п.5, отличающийся тем, что датчики (S1, S4) размещены таким образом, что один датчик (S1) расположен с

одной стороны первого из двух активных узлов (AN1), а второй датчик (S4) расположен с другой стороны второго из двух активных узлов (AN2).

7. Расходомер по п.5, отличающийся тем, что датчики (S1, S2) размещены с противоположных сторон первого из двух активных узлов (AN1).

8. Расходомер по любому из пп.3 - 7, отличающийся тем, что возбудитель колебаний представляет собой два смещенных друг относительно друга возбудителя, которые закреплены на верхнем участке трубок (130, 130').

9. Расходомер по п.1, отличающийся тем, что расходная трубка представляет собой прямую трубку (910).

10. Расходомер по п.1, отличающийся тем, что расходная трубка включает в себя две трубки изогнутой формы.

11. Расходомер (310) на эффекте Кориолиса для измерения характеристик протекающего через него материала, включающий в себя расходную трубку для протекания указанного материала, возбудитель (D1) колебаний указанной расходной трубки с созданием на ней двух статических узлов (SN), два датчика (SL, SR), измеряющих вибрацию расходной трубки и материала, протекающего через расходомер, для выработки выходных сигналов, отражающих перемещение вибрирующей расходной трубки в результате воздействия сил Кориолиса, генерируемых материалом, протекающим внутри расходной трубки, и средства обработки сигнала (320), которые при поступлении выходных сигналов датчиков вырабатывают информацию о материале, протекающем через расходомер (310), отличающийся тем, что датчики (SL, SR) закреплены на расходной трубке возможно ближе к статическим узлам на расстоянии, обеспечивающем максимальное увеличение разности фаз с одновременным обеспечением амплитуды сигнала, достаточной для получения заданного отношения сигнал/шум.

12. Расходомер по п.11, отличающийся тем, что расходная трубка выполнена в виде двух трубок (130, 130').

13. Расходомер по п.12, отличающийся тем, что трубки (130, 130') имеют верхний участок и боковые ветви (131, 131', 134, 134'), нижний участок которых соединен со скрепляющими штангами (BL, BR), а возбудитель (D1) закреплен на верхнем участке трубок и создает их колебания в несинфазном режиме изгиба, при котором

трубки (130, 130') совершают поворот вокруг скрепляющих штанг (BL, BR), в месте размещения которых создаются статические узлы (SN).

14. Способ работы расходомера (310) на эффекте Кориолиса, который включает в себя расходную трубку для протекания через нее материала и датчика (SL, SR; S1, S2; 932L, 932R), закрепленные на указанной расходной трубке, состоящий в возбуждении с помощью возбудителя колебаний расходной трубки в режиме, обеспечивающем создание по меньшей мере одного активного узла (AN; AN1, AN2; 931), и обработке выходных сигналов датчиков, отражающих перемещение расходной трубки в результате воздействия сил Кориолиса, генерируемых материалом, протекающим внутри расходной трубки, для получения информации о характеристиках материала, протекающего через расходомер, отличающийся тем, что два датчика (SL, SR; S1, S2; 932L, 932R) закрепляют на расходной трубке с противоположных сторон по меньшей мере одного активного узла (AN; AN1, AN2; 931) при размещении датчиков возможно ближе к по меньшей мере одному указанному узлу на расстоянии, обеспечивающем максимальное увеличение разности фаз с одновременным обеспечением амплитуды сигнала, достаточной для получения заданного отношения сигнал/шум.

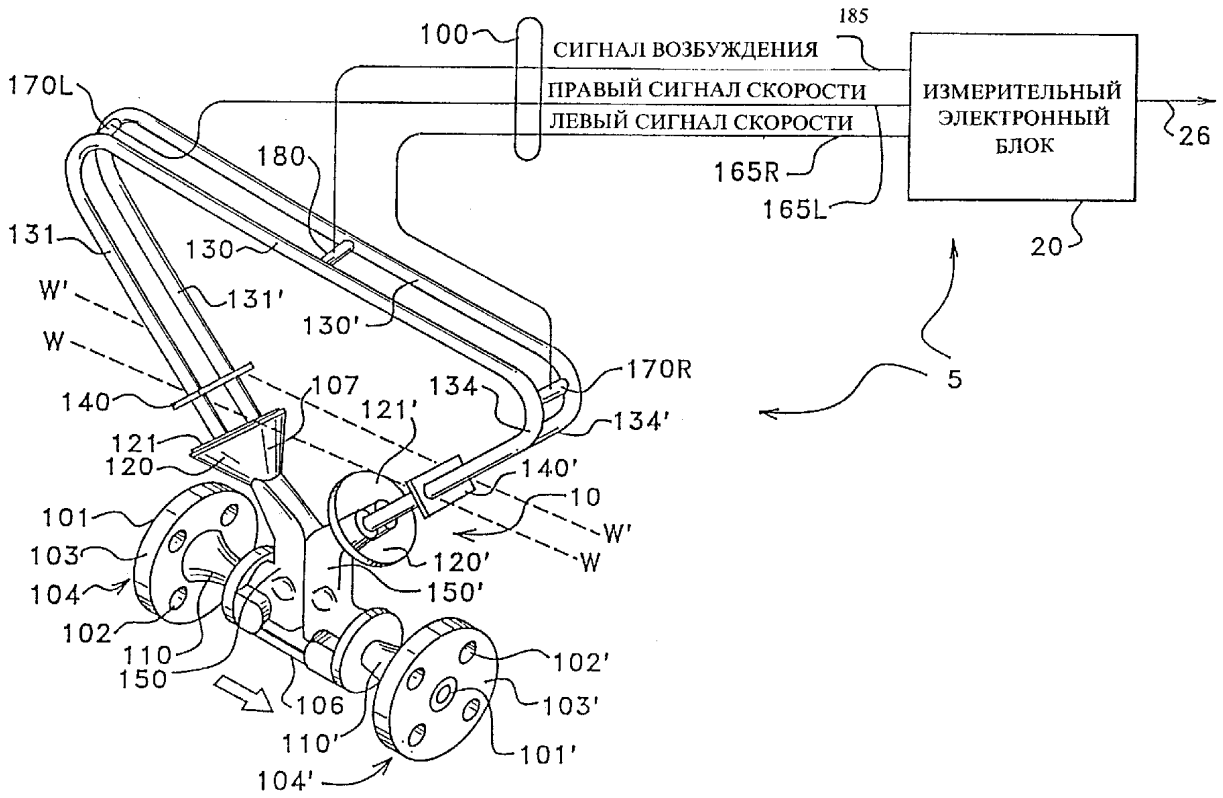
15. Способ по п.14, отличающийся тем, что расходная трубка выполнена в виде двух расходных трубок (130, 130'), имеющих верхний участок и боковые ветви, а возбудитель колебаний закреплен на верхнем участке и создает вибрацию расходных трубок (130, 130') в несинфазном режиме изгиба вокруг скрепляющих штанг, работающих как статический узел (SN).

16. Способ по п.14, отличающийся тем, что расходная трубка выполнена в виде двух трубок (130, 130') с верхним участком и боковыми ветвями, а возбудитель колебаний закреплен на верхнем участке и создает вибрацию трубок в несинфазном режиме кручения по отношению друг к другу, обеспечивающем создание на верхнем участке трубок активного узла (AN).

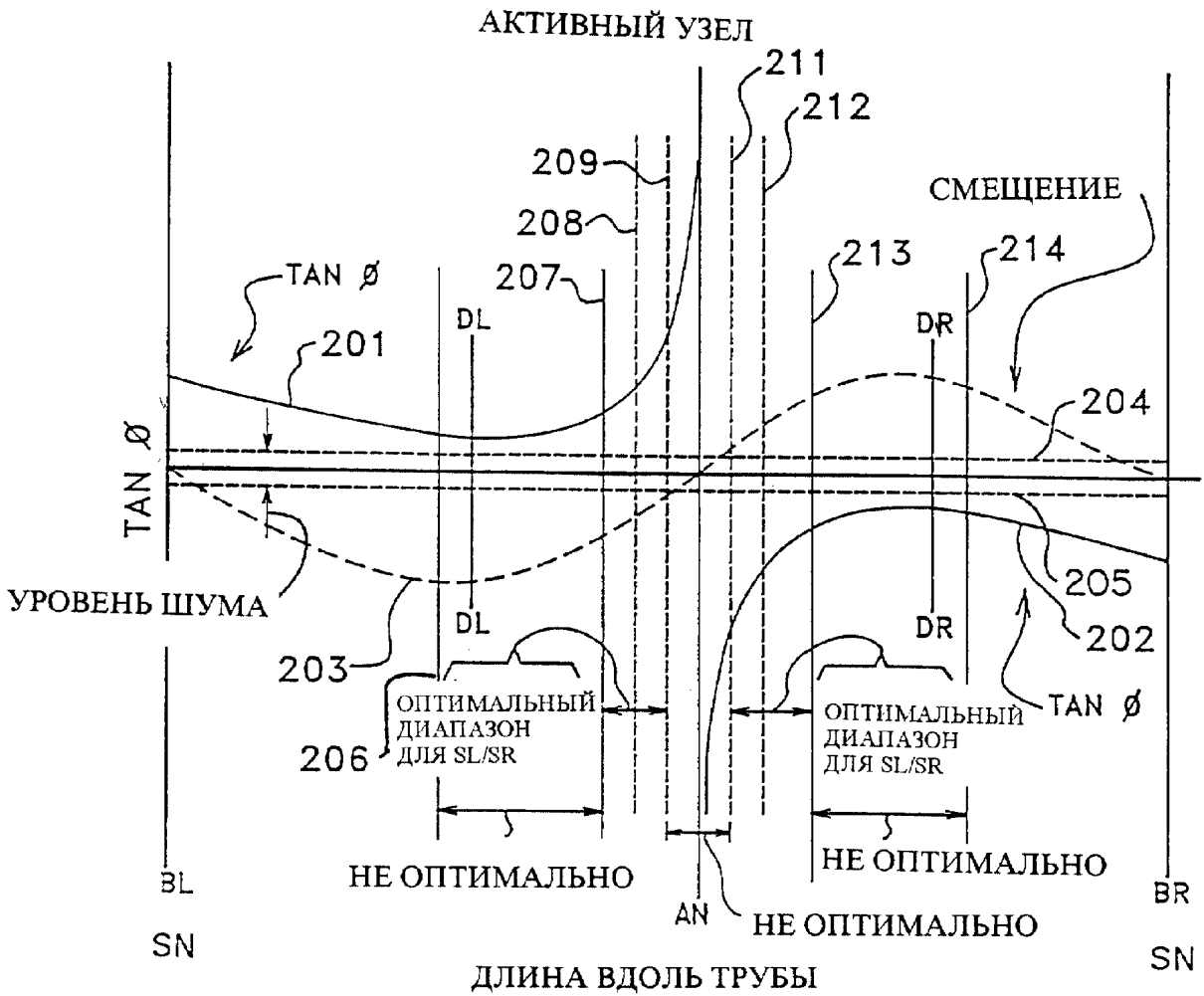
17. Способ по п.14, отличающийся тем, что расходная трубка выполнена в виде двух трубок (130, 130') с верхним участком и боковыми ветвями, а возбудитель колебаний закреплен на боковых ветвях для создания вибрации трубок в несинфазном режиме кручения по отношению друг к другу, обеспечивающем создание на верхнем участке трубок двух активных узлов (AN).

55

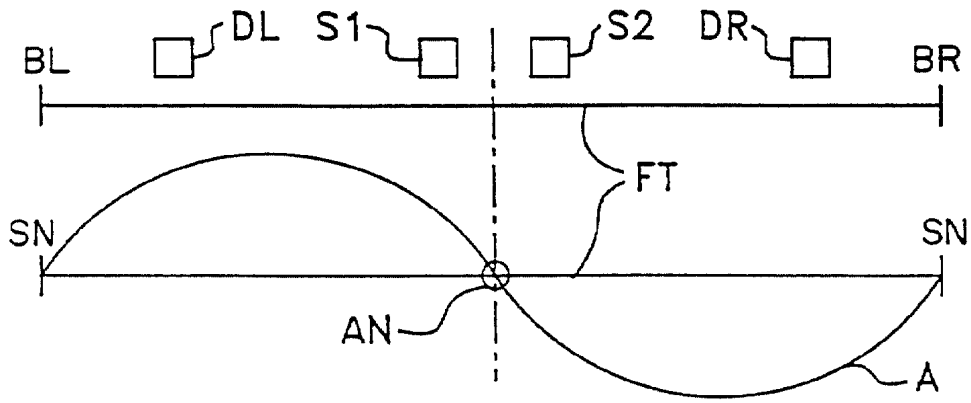
60



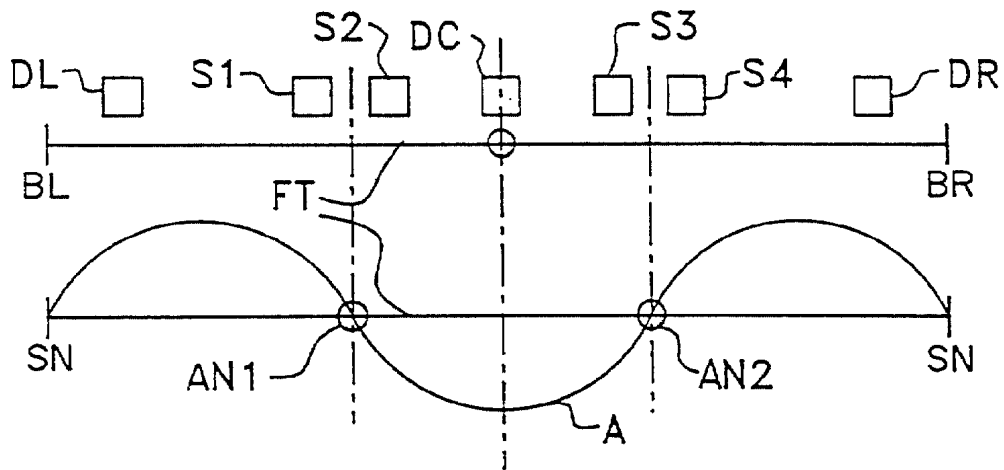
Фиг.1



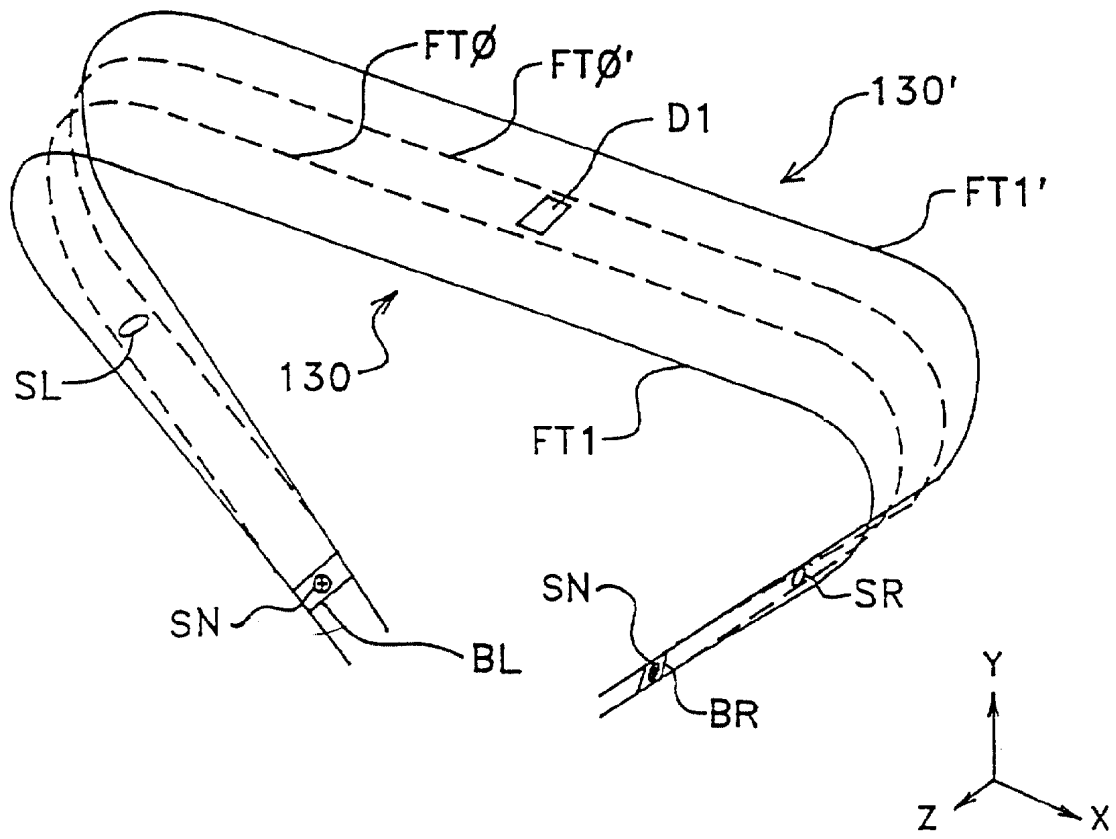
Фиг.2



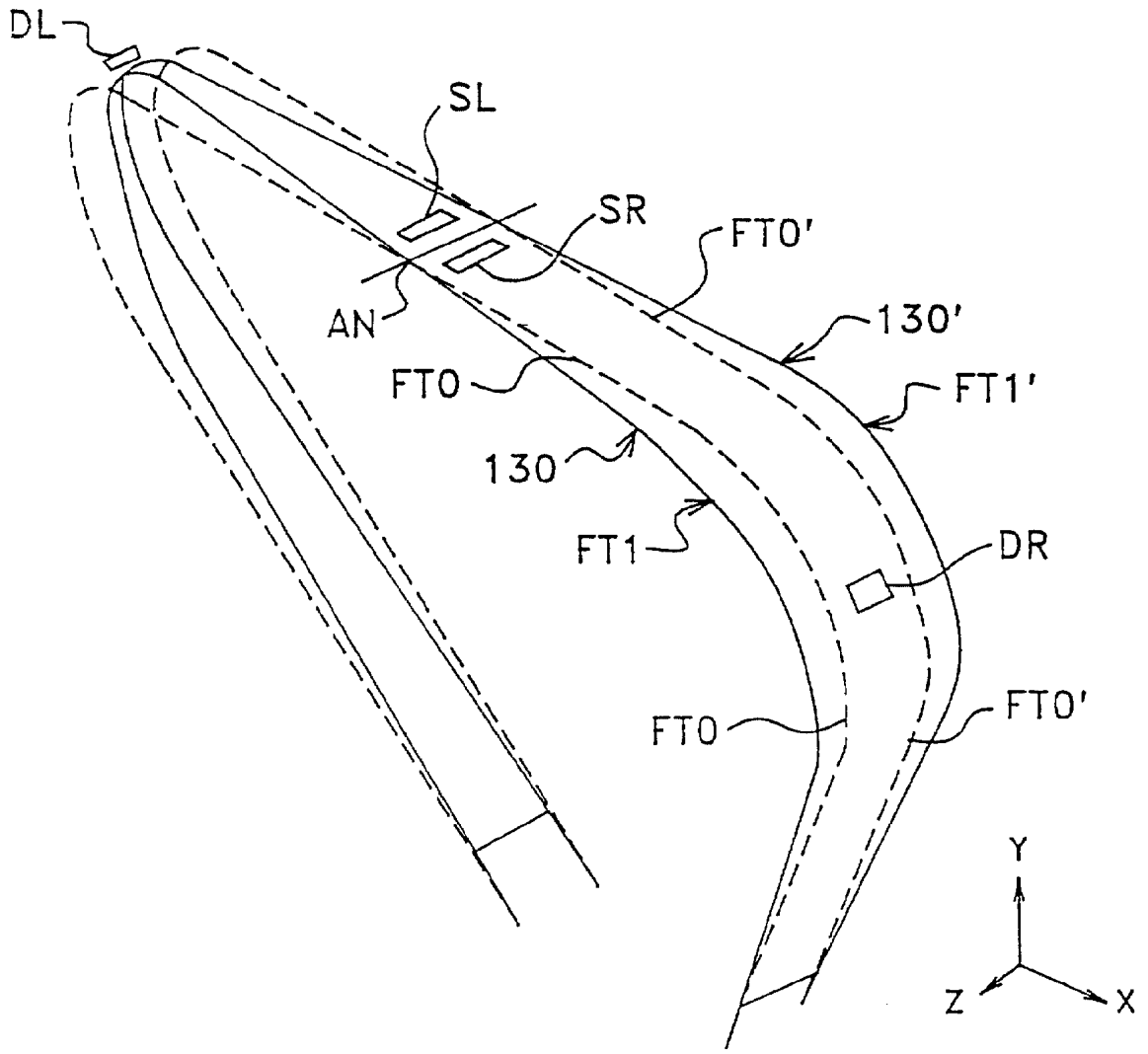
Фиг.4



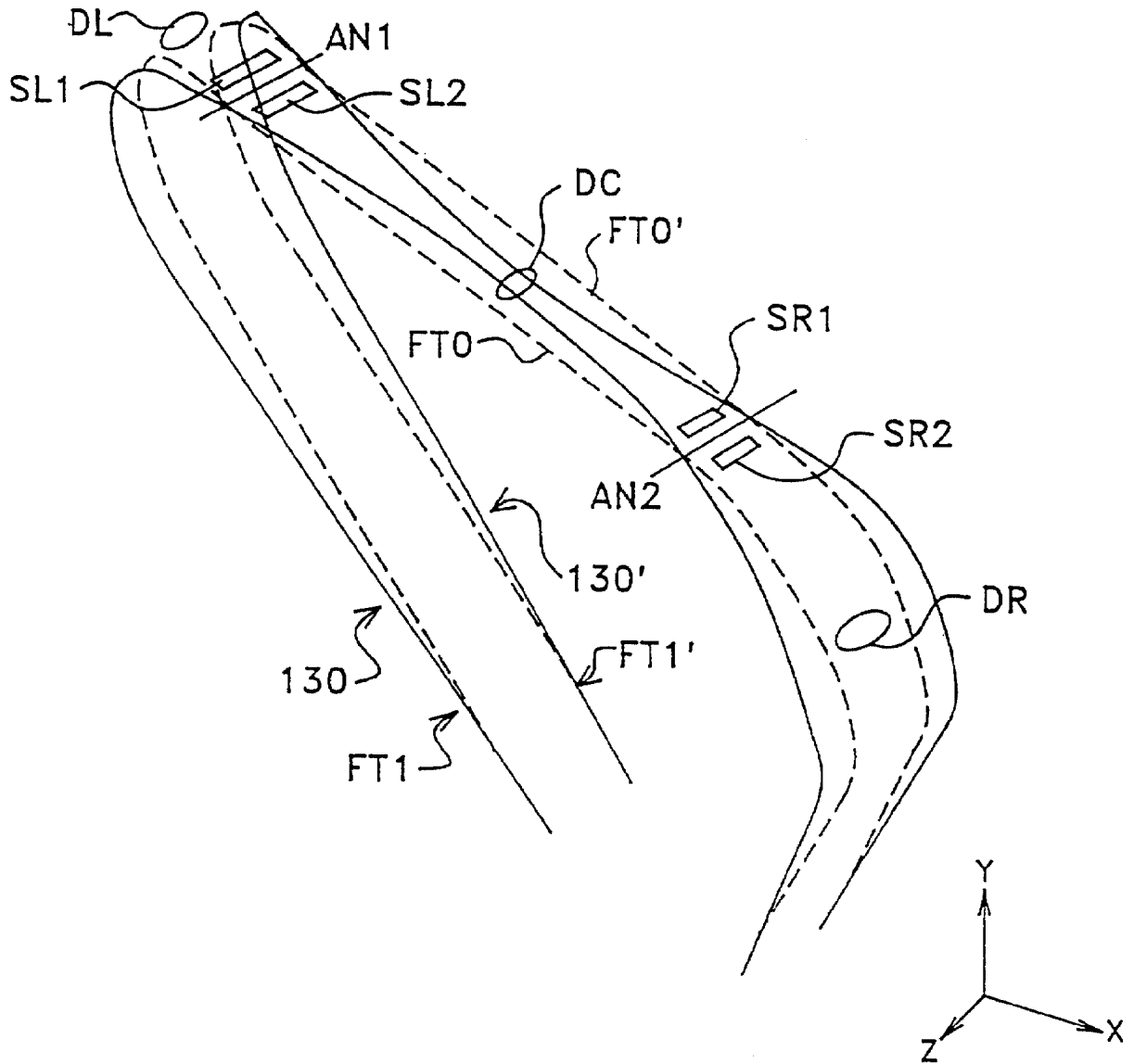
Фиг.5



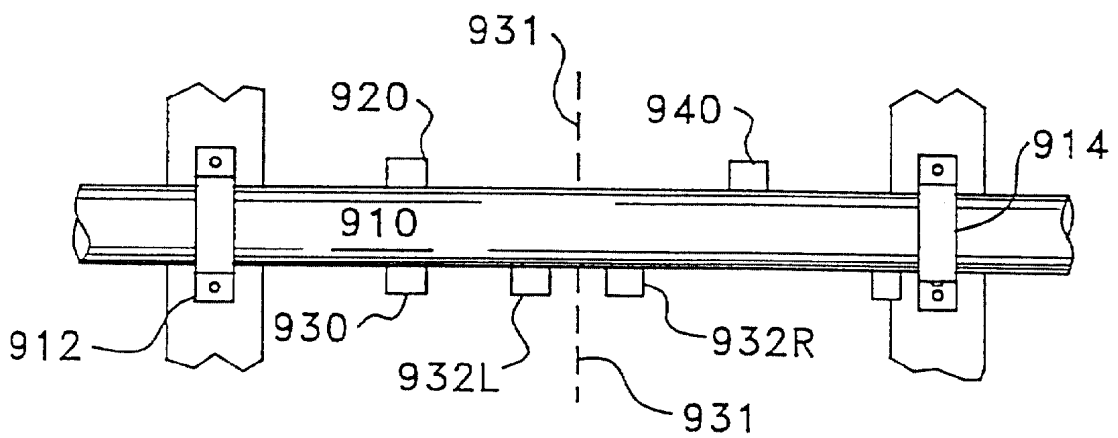
Фиг.6



Фиг.7



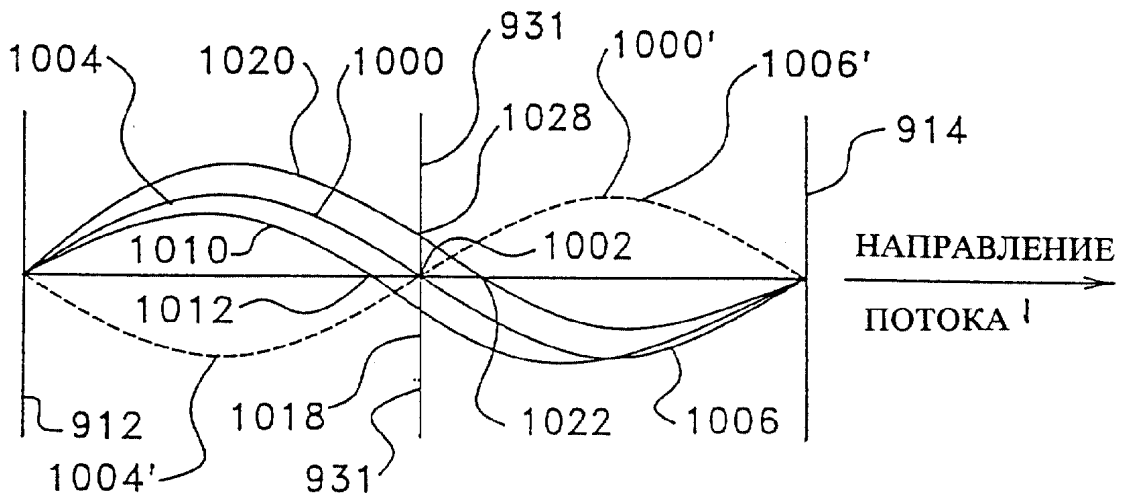
Фиг.8



Фиг.9

RU 2161780 C2

RU 2161780 C2



Фиг.10

RU 2161780 C2

RU 2161780 C2