



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012131135/28, 25.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.11.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
21.12.2009 DE 102009055069.0;  
20.08.2010 DE 102010039627.3

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2014 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2344377 C2 20.01.2009. WO  
9608697 A2 21.03.1996. RU 2222782 C2  
27.01.2004(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 23.07.2012(86) Заявка РСТ:  
EP 2010/068251 (25.11.2010)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2011/085852 (21.07.2011)Адрес для переписки:  
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ХУБЕР Кристоф (СН),  
БИТТО Эннио (СН),  
БРАУН Марсель (DE),  
РИДЕР Альфред (DE),  
ШЮТЦЕ Кристиан (СН)

(73) Патентообладатель(и):

ЭНДРЕСС+ХАУЗЕР ФЛОУТЕК АГ (СН)

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ДАТЧИК ВИБРАЦИОННОГО ТИПА, СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, ПРИМЕНЕНИЕ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА

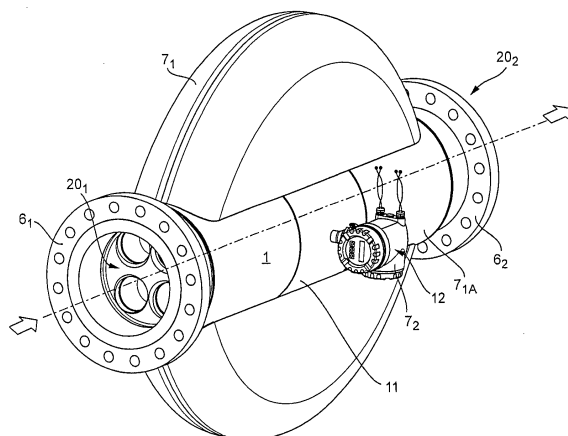
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительному датчику вибрационного типа для измерения движущейся в трубопроводе текучей среды, в частности, газа, жидкости, порошка и любого другого текучего материала. Заявленная группа изобретений включает измерительный датчик вибрационного типа, измерительную систему с измерительным датчиком, выполненную в виде проточного измерительного прибора, а также применение измерительного датчика. При этом измерительный датчик содержит корпус (7<sub>1</sub>), у

которого расположенный на входе конец образован расположенным на стороне впуска делителем (20<sub>1</sub>) потока с четырьмя разнесенными между собой проточными отверстиями (20<sub>1А</sub>, 20<sub>1В</sub>, 20<sub>1С</sub>, 20<sub>1D</sub>), а расположенный на стороне выпуска конец образован расположенным на стороне выпуска делителем (20<sub>2</sub>) потока с четырьмя разнесенными между собой проточными отверстиями (20<sub>2А</sub>, 20<sub>2В</sub>, 20<sub>2С</sub>, 20<sub>2D</sub>), а также трубное устройство с четырьмя

изогнутыми измерительными трубами (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>), присоединенными к делителям (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока, образующими гидравлические, параллельно расположенные тракты и подводящие текущую среду, причем каждая из четырех измерительных труб заходит своим расположенным на стороне впуска концом в одно из проточных отверстий делителя (20<sub>1</sub>) потока, вторым, расположенным на стороне выпуска концом - в одно из проточных отверстий делителя (20<sub>2</sub>) потока. В измерительном датчике согласно изобретению оба делителя (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока выполнены и расположены в нем таким образом, что трубное устройство имеет воображаемую плоскость (YZ) продольного сечения, расположенную между первой и второй измерительными трубами, а также между третьей и четвертой измерительными трубами, в отношении которой трубное устройство является зеркально симметричным, а также имеет воображаемую плоскость (XZ) продольного сечения, расположенную между первой и третьей измерительными трубами, а также между второй и четвертой измерительными трубами, и

перпендикулярную к воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения, по отношению к которой трубное устройство выполнено также зеркально симметричным. Электромеханическое устройство возбуждения (5) измерительного датчика служит для образования и/или поддержания механических колебаний четырех измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>). Технический результат, достигаемый от реализации заявленной группы изобретений, заключается в создании измерительного датчика с высокой чувствительностью и высоким качеством колебаний, характеризующегося даже при больших количествах массового расхода свыше 1000 т/ч незначительной потерей давления, составляющей по возможности менее 3 бар, имеющего даже при большом номинальном внутреннем диаметре свыше 100 мм по возможности компактную конструкцию и пригодного, в частности, для применения в условиях чрезвычайно горячей или чрезвычайно холодной среды и/или при значительно колеблющихся температурах среды. 3 н. и 46 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 1

RU 2 5 2 6 2 9 6 C 2

RU 2 5 2 6 2 9 6 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012131135/28, 25.11.2010**(24) Effective date for property rights:  
**25.11.2010**

Priority:

(30) Convention priority:  
**21.12.2009 DE 102009055069.0;**  
**20.08.2010 DE 102010039627.3**(43) Application published: **27.01.2014** Bull. № 3(45) Date of publication: **20.08.2014** Bull. № 23(85) Commencement of national phase: **23.07.2012**(86) PCT application:  
**EP 2010/068251 (25.11.2010)**(87) PCT publication:  
**WO 2011/085852 (21.07.2011)**

Mail address:

**109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**KhUBER Kristof (CH),**  
**BITTO Ehnnio (CH),**  
**BRAUN Marsel' (DE),**  
**RIDER Alfred (DE),**  
**ShJuTTsE Kristian (CH)**

(73) Proprietor(s):

**EhNDRESS+KhAUZER FLOUTEK AG (CH)**(54) **METERING SENSOR OF VIBRATION TYPE, METHOD TO MANUFACTURE METERING SENSOR AND METERING SYSTEM, APPLICATION OF METERING SENSOR**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to a metering sensor of vibration type for measurement of fluid medium moving in a pipeline, in particular, gas, liquid, powder and any other fluid material. The stated group of inventions includes a metering sensor of vibration type, a metering system with a metering sensor made in the form of a through metering device, and also application of a metering sensor. At the same time the metering sensor comprises a body (7<sub>1</sub>), in which the end at the inlet is formed by a flow divider (20<sub>1</sub>) located at the side of the inlet with spaced through holes (20<sub>1A</sub>, 20<sub>1B</sub>, 20<sub>1C</sub>, 20<sub>1D</sub>), and the end located at the side of the outlet is formed by a flow divider (20<sub>2</sub>) located at the side of the outlet with four spaced through holes (20<sub>2A</sub>, 20<sub>2B</sub>, 20<sub>2C</sub>, 20<sub>2D</sub>), and also a pipe device with four bent metering pipes (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>), attached

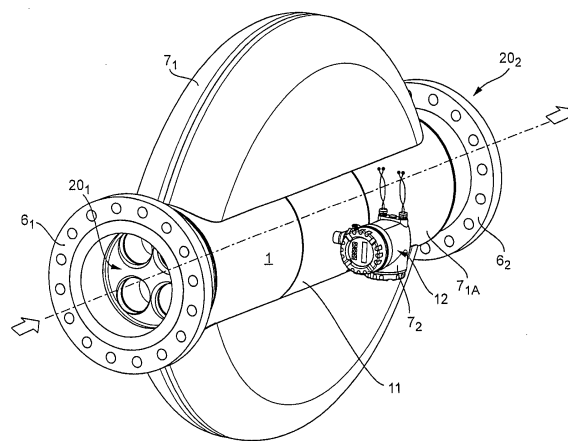
to flow dividers (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>), forming hydraulic, parallel arranged tracts and supplying a fluid medium, besides, each of four metering pipes enters with its end located at the side of the inlet into one of through holes of the flow divider (20<sub>1</sub>), with the second end arranged at the side of the outlet - into one of through holes of the flow divider (20<sub>2</sub>). In the metering sensor according to the invention both flow dividers (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) are made and arranged in it so that the pipe device has an imaginary plane (YZ) of longitudinal cross section, arranged between the first and second metering pipes, and also between the third and fourth metering pipes, in respect to which the pipe device is symmetrical in a mirror-like manner, and also has an imaginary plane (XZ) of longitudinal cross section arranged between the first and third metering pipes, and also between the second and fourth metering pipes, and perpendicular to the imaginary plane (YZ) of longitudinal section, in respect

to which the pipe device is also made as symmetrical in a mirror-like manner. An electromechanical excitation device (5) of the metering sensor serves to form and/or maintain mechanical oscillations of four metering pipes (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>).

EFFECT: technical result achieved from implementation of the proposed group of inventions, consists in creation of a metering sensor with high sensitivity and high quality of oscillations, characterised even at higher quantities of mass flow rate above 1000 t/hr with insignificant pressure loss, making, if possible, less than 3 bar, having even at higher nominal internal diameter more than 100 mm, to the extent possible, a compact design and suitable in particular for use under conditions of extremely hot or extremely cold medium and/or under considerably variable temperatures of the

medium.

49 cl, 7 dwg



Фиг. 1

R U 2 5 2 6 2 9 6 C 2

R U 2 5 2 6 2 9 6 C 2

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к измерительному датчику вибрационного типа для измерения движущейся в трубопроводе текучей среды, в частности, газа, жидкости, порошка и любого другого текучего материала, в частности, для измерения плотности и/или величины массового расхода, в частности, также суммарного за некоторый интервал времени общего массового расхода, среды, протекающей по трубопроводу, по меньшей мере, периодически при массовом расходе более 1000 т/ч, в частности, более 1500 т/ч. Также изобретение относится к способу изготовления измерительного датчика и к измерительной системе с измерительным датчиком, выполненной в виде проточного измерительного прибора.

Уровень техники

В технике технологических измерений и автоматизации для измерения физических параметров, таких, например, как массовый расход, плотность и/или вязкость движущихся по трубопроводам сред, например, водной жидкости, газа, газо-жидкостной смеси, пара, масла, пасты, шлама или какое-либо другого текучего материала, часто применяются такие проточные измерительные приборы, которые посредством измерительного датчика вибрационного типа с протекающей через него средой и подключенной к нему измерительной и рабочей схемой вызывают в среде силы реакции, например, соответствующие массовому расходу силы Кориолиса, соответствующие плотности среды силы инерции и/или соответствующие вязкости среды силы трения и пр., и на этом основании формируют измеряемый сигнал, отображающий массовой расход, соответствующую вязкость и/или плотность среды. Такие измерительные датчики, выполненные, в частности, в виде расходомеров Кориолиса или расходомеров/плотномеров Кориолиса, подробно описаны, например, в EP-A 1001254, EP-A 553939, US-A 4793191, US-A 2002/0157479, US-A 2006/0150750, US-A 2007/0151368, US-A 5370002, US-A 5796011, US-B 6308580, US-B 6415668, US-B 6711958, US-B 6920798, US-B 7134347, US-B 7392709 или WO-A 03/027616.

Каждый из измерительных датчиков имеет корпус, у которого расположенный на стороне впуска первый конец образован, по меньшей мере, частично, первым делителем потока с двумя разнесенными между собой цилиндрическими или коническими проточными отверстиями, расположенный же на стороне выпуска второй конец образован, по меньшей мере, частично вторым делителем потока с двумя разнесенными между собой проточными отверстиями. У некоторых из описанных в US-A 5796011, USES 7350421 или US-A 2007/0151368 измерительных датчиков их корпус содержит толстостенный цилиндрический трубный сегмент, образующий, по меньшей мере, средний сегмент корпуса измерительного датчика.

Для подачи, по меньшей мере, периодически протекающей, при необходимости, экстремально горячей среды измерительные датчики содержат, кроме того, две гидравлически параллельно расположенные измерительные трубы из металла, в частности, стали или титана, которые находятся внутри корпуса измерительного датчика и закреплены в нем посредством упомянутых выше делителей потока с возможностью колебаний. Первая из, в большинстве случаев, конструктивно одинаково выполненных и параллельно расположенных между собой измерительных труб заходит своим расположенным на стороне впуска первым концом в первое проточное отверстие расположенного на стороне впуска первого делителя потока и своим вторым расположенным на стороне выпуска концом заходит в первое проточное отверстие расположенного на стороне выпуска второго делителя потока, при этом вторая измерительная труба заходит своим первым, расположенным на стороне впуска концом

во второе проточное отверстие первого делителя потока и расположенным на стороне выпуска вторым концом заходит во второе проточное отверстие второго делителя потока. Кроме того, каждый из делителей потока имеет фланец с уплотнительной поверхностью для герметичного подключения измерительного датчика к трубному сегменту трубопровода, предназначенному для подвода или отвода среды из измерительного датчика.

Для создания названных выше сил реакции измерительные трубы, приводимые в действие устройством возбуждения, предназначенным для образования и поддержания механических колебаний, в частности, изгибных колебаний, измерительных труб в так называемом приводном или активном режиме, приводятся в состояние вибрации во время работы. Колебания в активном режиме являются в большинстве случаев, в частности, при использовании измерительного датчика в качестве расходомера и/или плотномера Кориолиса, по меньшей мере, частично боковыми изгибными колебаниями, и при протекании среды через измерительные трубы на эти колебания накладываются из-за наводимых в ней сил Кориолиса дополнительные одинаковые по частоте колебания в так называемом режиме Кориолиса. Соответственно устройство возбуждения, которое в данном случае является чаще всего электродинамическим, выполнено так, что обе измерительные трубы возбуждаются им в активном режиме, по меньшей мере, частично, в частности, преимущественно для совершения зеркальных изгибных колебаний дифференцированно, т.е. в результате воздействия сил возбуждения одновременно по общей линии действия, но в противоположном направлении.

Для регистрации вибраций, в частности, возбуждаемых устройством возбуждения изгибных колебаний, измерительных труб и для образования отображающих вибрацию сигналов колебаний измерительные датчики содержат также в большинстве случаев электродинамическое сенсорное устройство, реагирующее на относительное движение измерительных труб. Обычно сенсорное устройство образовано датчиком колебаний, расположенным на стороне впуска и регистрирующим колебания измерительных труб дифференцированно, т.е. только относительные движения измерительных труб, а также датчиком колебаний, расположенным на стороне выпуска и дифференцированно регистрирующим колебания измерительных труб. Каждый из обычно конструктивно одинаково выполненных датчиков колебаний образован закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой.

При этом в качестве частоты колебаний в активном режиме обычно выбирается естественная моментальная резонансная частота трубного устройства, которая в свою очередь зависит по существу как от размера, формы и материала измерительных труб, так и от мгновенной плотности среды; при необходимости на эту активную частоту колебаний может оказывать существенное влияние также мгновенная вязкость среды. Вследствие колеблющейся плотности измеряемой среды и/или произведенной во время работы замены среды активная частота колебаний является переменной во время работы измерительного датчика естественно, по меньшей мере, в пределах калиброванной и, следовательно, заданной полосы активных частот, содержащей соответственно заданные нижнюю и верхнюю предельные частоты.

Для определения длины активно колеблющейся части измерительных труб и, следовательно, для юстировки полосы активных частот измерительные датчики описанного выше типа содержат в большинстве случаев, по меньшей мере, один элемент связи для образования на стороне впуска узлов колебаний для зеркальных вибраций, в частности, изгибных колебаний, обеих измерительных труб, закрепленный на удалении

от обоих делителей потока на обеих измерительных трубах, а также, по меньшей мере, один расположенный на стороне выпуска элемент связи для образования на стороне выпуска узлов колебаний для зеркальных вибраций, в частности, изгибных колебаний, измерительных труб, закрепленный на обеих измерительных трубах на удалении как  
5 от обоих делителей потока, так и от элемента связи на стороне впуска. При этом в случае применения изогнутых измерительных труб длина находящегося между расположенным на стороне впуска элементом связи и расположенным на стороне выпуска элементом связи участка изогнутой линии соответствующей измерительной  
10 трубы, соединяющей центры тяжести всех воображаемых поверхностей поперечного сечения соответствующей измерительной трубы, соответствует длине активной колеблющейся части измерительных труб. С помощью элементов связи, относящихся к трубному устройству, можно, кроме того, в целом воздействовать и на качество колебаний трубного устройства, а также на чувствительность измерительного датчика  
15 таким образом, чтобы при минимально требуемой чувствительности измерительного датчика была обеспечена, по меньшей мере, минимальная длина активно колеблющейся части.

Развитие в области измерительных датчиков вибрационного типа достигло между тем такого уровня, при котором современные измерительные датчики описанного типа  
20 могут удовлетворять при широком спектре применения техники измерения расходов самым строгим требованиям в отношении точности и воспроизводимости результатов измерений. Следовательно, такие измерительные датчики применяются в практике измерения массовых расходов от нескольких г/ч до нескольких т/мин при давлениях до 100 бар для жидкостей или даже свыше 300 бар для газов. Достигаемая при этом  
25 точность измерения составляет обычно ок. 99,9% и выше от фактической величины или при погрешности измерений ок. 0,1%, причем нижняя граница гарантированного диапазона измерений может составлять ок. 1% от конечного значения диапазона измерений. Вследствие широкого диапазона возможностей своего применения на рынке присутствуют промышленные измерительные датчики вибрационного типа с  
30 номинальным внутренним диаметром (соответствующим диаметру в свету подключаемого к измерительному датчику трубопровода или же диаметру в свету измерительного датчика, замеренному на соединительном фланце), лежащим в диапазоне номинальных внутренних диаметров от 1 до 250 мм и при максимальной номинальной величине массового расхода 1000 т/ч при потере давления менее 3 бар. Диаметр в свету  
35 измерительных труб лежит при этом в диапазоне от 80 до 100 мм.

Несмотря на то что на рынке предлагаются измерительные датчики для применения в трубопроводах с очень большим массовым расходом и, следовательно, очень большим диаметром в свету, составляющим более 100 мм, по-прежнему имеется большая заинтересованность в том, чтобы можно было применять измерительные датчики с  
40 высокой точностью и низкой потерей давления также и в трубопроводах с более значительным диаметром в свету, составляющим ок. 300 мм и более, и при величине массового расхода 1500 т/ч и более, например, в нефтехимической промышленности или в области транспортировки и перевалки нефти, природного газа, горючего и пр. При соответствующем масштабном увеличении конструкции измерительных датчиков,  
45 известной из уровня техники, в частности, из EP-A 1001254, EP-A 553939, US-A 4793191, US-A 2002/0157479, US-A 2007/0151368, US-A 5370002, US-A 5796011, US-B 6308580, US-B 6711958, US-B 7134347, US-B 7350421, WO-A 03/027616 и уже созданной, это приводит к тому, что геометрические размеры, обусловленные, в частности,

необходимыми колебательными характеристиками, необходимой нагрузочной способностью и максимально допустимой потерей давления, в частности, монтажная длина, соответствующая расстоянию между уплотнительными поверхностями обоих фланцев, и, в случае применения изогнутых измерительных труб, боковое расширение измерительного датчика имели бы чрезмерно большие размеры. Вместе с этим неизбежно возрастает и собственная масса измерительного датчика, причем традиционные измерительные датчики с большим номинальным внутренним диаметром уже производятся с собственной массой ок. 400 кг. Исследования, проведенные с измерительными датчиками с двумя изогнутыми измерительными трубами, известными, например, из US-B 7350421 или US-A 5796011, в отношении их масштабной адаптации к еще большим номинальным внутренним диаметрам, показали, например, что при номинальном внутреннем диаметре свыше 300 мм собственная масса пропорционально увеличенного обычного измерительного датчика составит свыше 500 кг при монтажной длине более 300 мм и максимальном боковом расширении свыше 1000 мм.

Следовательно, можно заключить, что промышленно пригодные, серийно выпускаемые измерительные датчики обычного исполнения и из обычных материалов с номинальным внутренним диаметром значительно более 300 мм нецелесообразно применять в обозримом будущем как по причинам технической реализуемости, так и по экономическим соображениям.

#### Раскрытие изобретения

Поэтому с учетом приведенного выше уровня техники задача изобретения состоит в создании измерительного датчика с высокой чувствительностью и высоким качеством колебаний, характеризующегося даже при больших количествах массового расхода свыше 1000 т/ч незначительной потерей давления, составляющей по возможности менее 3 бар, имеющего даже при большом номинальном внутреннем диаметре свыше 100 мм по возможности компактную конструкцию и пригодного, в частности, для применения в условиях чрезвычайно горячей или чрезвычайно холодной среды и/или при значительно колеблющихся температурах среды.

Для решения поставленной задачи изобретением предусмотрен измерительный датчик вибрационного типа для регистрации, по меньшей мере, одной физической измеряемой величины поступающей по трубопроводу текучей среды, например, газа, жидкости, порошка или какого-либо другого текучего материала и/или для создания сил Кориолиса, служащих для регистрации количества массового расхода подаваемой по трубопроводу текучей среды, в частности, газа, жидкости, порошка или какого-либо другого текучего материала. Согласно изобретению измерительный датчик содержит корпус, выполненный, например, по меньшей мере, частично по существу трубчатым и/или, по меньшей мере, частично снаружи цилиндрическим, у которого расположенный на стороне впуска первый конец корпуса образован расположенным на стороне впуска делителем потока с четырьмя разнесенными между собой, например, цилиндрическими или конусными проточными отверстиями, и расположенный на стороне выпуска второй конец образован расположенным на стороне выпуска вторым делителем потока с четырьмя разнесенными между собой, например, цилиндрическими или конусными проточными отверстиями. Кроме того, измерительный датчик имеет трубное устройство, содержащее четыре измерительные трубы для подачи текучей среды, подключенные с образованием параллельно расположенных гидравлических трактов, например, к конструктивно одинаково выполненным делителям потока, и, в частности, закрепленных с возможностью колебаний только с помощью упомянутых делителей потока и/или являющихся конструктивно одинаковыми и/или попарно параллельными между собой,



и изогнутыми, выполненными например, по меньшей мере, на отдельных участках V-образными и/или, по меньшей мере, на отдельных участках дугообразными. Из четырех, например, в отношении как геометрии, так и материала одинаковых измерительных труб первая измерительная труба своим находящимся на стороне впуска первым концом заходит в первое проточное отверстие первого делителя потока и вторым находящимся на стороне выпуска концом - в первое проточное отверстие второго делителя потока, вторая измерительная труба, параллельная, по меньшей мере, на отдельных участках первой измерительной трубы, заходит своим находящимся на стороне впуска первым концом во второе проточное отверстие первого делителя потока и своим вторым находящимся на стороне выпуска концом - во второе проточное отверстие второго делителя потока, третья измерительная труба заходит своим находящимся на стороне впуска первым концом в третье проточное отверстие первого делителя потока и вторым находящимся на стороне выпуска концом - в третье проточное отверстие второго делителя потока, четвертая измерительная труба, параллельная, по меньшей мере, на отдельных участках третьей трубы, заходит своим находящимся на стороне впуска первым концом в четвертое проточное отверстие первого делителя потока и вторым находящимся на стороне выпуска концом - в четвертое проточное отверстие второго делителя потока. Кроме того, измерительный датчик содержит электромеханическое, образованное, например, одним или несколькими электродинамическими возбудителями колебаний устройство возбуждения для образования и/или поддержания механических колебаний, в частности, изгибных колебаний, четырех измерительных труб. В измерительном датчике согласно изобретению измерительные трубы выполнены и расположены в нем таким образом, что трубное устройство содержит первую воображаемую плоскость продольного сечения, проходящую между первой воображаемой плоскостью продольного сечения и второй воображаемой плоскостью продольного сечения измерительного датчика и параллельную первой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика и второй воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика, относительно которой трубное устройство является зеркально симметричным, и трубное устройство содержит вторую воображаемую плоскость продольного сечения, перпендикулярную первой воображаемой плоскости продольного сечения, по отношению к которой трубное устройство также является зеркально симметричным.

Кроме того, предметом изобретения является измерительная система для измерения плотности и/или величины массового расхода, например, суммарного за некоторый интервал времени общего массового расхода среды, протекающей по трубопроводу, по меньшей мере, периодически, например, при величине массового расхода свыше 1000 т/ч текучей среды, например, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала, которая содержит, например, выполненный в виде проточного измерительного прибора и/или компактного измерительного прибора упомянутый измерительный датчик и электрически связанный с измерительным датчиком, например, расположенный в корпусе электронной части, механически соединенном с корпусом измерительного датчика, электронный преобразователь для управления измерительным датчиком, в частности, также для управления его устройством возбуждения и для обработки поступающих от измерительного датчика сигналов колебаний; также изобретение состоит в применении упомянутой измерительной системы для измерения плотности и/или величины массового расхода, также суммарного за некоторый интервал времени общего массового расхода, и/или вязкости и/или числа Рейнольдса среды, протекающей по технологической магистрали, например, трубопроводу, по меньшей

мере, периодически при величине массового расхода свыше 1000 т/ч, например, свыше 1500 т/ч, например, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала.

Согласно первому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению устройство возбуждения выполнено таким, что оно может возбуждать изгибные колебания в каждой из четырех измерительных труб, например, также синхронно.

Согласно второму варианту выполнения измерительного датчика по изобретению устройство возбуждения выполнено таким, что оно может возбуждать в первой и второй измерительных трубах зеркальные относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения, например, также относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания, а также в третьей и четвертой измерительных трубах зеркальные относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения, например, также относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания.

Согласно третьему варианту выполнения измерительного датчика по изобретению устройство возбуждения выполнено таким, что оно может возбуждать в первой и третьей измерительных трубах зеркальные относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения, например, также относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания, во второй и четвертой измерительных трубах зеркальные относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения, например, также относительно второй плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания.

Согласно четвертому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению устройство возбуждения выполнено таким, что оно может вызывать присущий трубному устройству естественный режим колебаний первого типа, при котором первая и вторая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения зеркальные, например, также относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно присущего соответствующей измерительной трубе статического положения покоя, например, консольные изгибные колебания относительно оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум из воображаемых соединительных осей, и при котором третья и четвертая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения зеркальные, например, также относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно присущего соответствующей измерительной трубе статического положения покоя, например, консольные изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум из воображаемых соединительных осей, таким образом, что относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения упомянутые изгибные колебания первой измерительной трубы также являются зеркальными по отношению к названным изгибным колебаниям третьей измерительной трубы, и что относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения названные изгибные колебания второй измерительной трубы также будут зеркальными относительно упомянутым изгибным колебаниям четвертой измерительной трубы.

Согласно варианту развития этого варианта выполнения изобретения устройство возбуждения выполнено таким, что оно возбуждает присущий трубному устройству естественный режим изгибных колебаний второго типа, например, являющийся синхронным с режимом изгибных колебаний первого типа, при этом режиме изгибных колебаний второго типа первая и вторая измерительные трубы совершают относительно

второй воображаемой плоскости продольного сечения зеркальные, например, также относительно второй плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно присущего соответствующей измерительной трубе статического положения покоя, например, консольные изгибные колебания относительно

5 воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, также при этом режиме изгибных колебаний второго типа третья и четвертая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения зеркальные, например, также относительно второй

10 воображаемой плоскости продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно присущего соответствующей измерительной трубе статического положения покоя, например, консольные изгибные колебания относительно

воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, таким образом, что относительно второй воображаемой

15 плоскости продольного сечения упомянутые изгибные колебания первой измерительной трубы являются также зеркальными относительно упомянутых изгибных колебаний четвертой измерительной трубы, и что относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения упомянутые изгибные колебания второй измерительной трубы являются также зеркальными относительно упомянутых изгибных колебаний третьей измерительной трубы.

20 В качестве альтернативы или в дополнение также предусмотрено, чтобы измеряемая, например, при полном заполнении трубного устройства водой собственная частота режима изгибных колебаний первого типа отличалась от собственной частоты режима изгибных колебаний второго типа, измеряемой, например, при полном заполнении

25 трубного устройства водой и/или синхронно с собственной частотой режима изгибных колебаний первого типа, например, более чем на 10 Гц, т.е. таким образом, чтобы упомянутая собственная частота режима изгибных колебаний первого типа превышала более чем на 10 Гц упомянутую собственную частоту режима изгибных колебаний

второго типа или чтобы упомянутая собственная частота режима изгибных колебаний первого типа была меньше упомянутой собственной частоты режима изгибных

30 колебаний второго типа более чем на 10 Гц.

Согласно пятому варианту выполнения изобретения каждая из четырех измерительных труб содержит наивысшую точку, определяемую как максимальное вертикальное расстояние соответствующей измерительной трубы от первой

воображаемой плоскости продольного сечения.

35 Согласно шестому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению центр тяжести трубного устройства лежит в воображаемой плоскости поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения.

Согласно седьмому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению

40 трубное устройство выполнено зеркально-симметричным относительно воображаемой плоскости поперечного сечения, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения.

Согласно восьмому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению

45 каждая из четырех измерительных труб содержит наивысшую точку, определяемую как максимальное вертикальное расстояние соответствующей измерительной трубы от первой воображаемой плоскости продольного сечения, и пересекает воображаемую плоскость поперечного сечения трубного устройства каждой из четырех измерительных

труб, перпендикулярную как к первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения, в ее наивысшей точке.

Согласно девятому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению средний сегмент корпуса измерительного датчика образован, по меньшей мере, частично 5 прямой, например, цилиндрической несущей трубой, например, таким образом, что выступающий на первой стороне из упомянутой несущей трубы сегмент первой измерительной трубы и выступающий на первой стороне из упомянутой несущей трубы сегмент второй измерительной трубы охвачены первой крышкой корпуса измерительного датчика и что сегмент третьей измерительной трубы, выступающий 10 на второй стороне, противоположной первой стороне, из упомянутой несущей трубы, и выступающий на второй стороне из упомянутой несущей трубы сегмент четвертой измерительной трубы охвачены второй крышкой корпуса измерительного датчика, выполненной, например, конструктивно одинаковой с первой крышкой.

Согласно десятому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению 15 дополнительно предусмотрено выполнение обоих делителей потока и их расположение в измерительном датчике таким образом, чтобы воображаемая первая соединительная ось измерительного датчика, мысленно соединяющая первое проточное отверстие первого делителя потока с первым проточным отверстием второго делителя потока, проходила параллельно воображаемой второй соединительной оси измерительного 20 датчика, мысленно соединяющей второе проточное отверстие первого делителя потока со вторым проточным отверстием второго делителя потока, чтобы воображаемая третья соединительная ось измерительного датчика, мысленно соединяющая третье проточное отверстие первого делителя потока с третьим проточным отверстием второго делителя потока, проходила параллельно воображаемой четвертой соединительной 25 оси измерительного датчика, мысленно соединяющей четвертое проточное отверстие первого делителя потока с четвертым проточным отверстием второго делителя потока. В качестве варианта развития изобретения также предусмотрено, чтобы первая воображаемая плоскость продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат, например, первая воображаемая соединительная ось, параллельная соосной 30 трубопроводу основной оси потока, и вторая воображаемая соединительная ось, располагалась параллельно второй воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат третья воображаемая соединительная ось и воображаемая четвертая соединительная ось, например, таким образом, чтобы первая воображаемая плоскость продольного сечения трубного устройства располагалась 35 между первой и второй воображаемыми плоскостями продольного сечения измерительного датчика и/или параллельно первой и второй воображаемым плоскостям продольного сечения измерительного датчика.

Согласно одиннадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению также предусмотрено выполнение обоих делителей потока и их 40 расположение в измерительном датчике таким образом, чтобы третья воображаемая плоскость продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат первая и третья воображаемые соединительные оси, была параллельна четвертой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика, в которой расположены вторая и четвертая воображаемые соединительные оси. Согласно варианту развития 45 изобретения также предусмотрено, чтобы вторая воображаемая плоскость продольного сечения трубного устройства располагалась между третьей воображаемой плоскостью продольного сечения измерительного датчика и четвертой воображаемой плоскостью продольного сечения измерительного датчика, например, таким образом, чтобы вторая

воображаемая плоскость продольного сечения трубного устройства располагалась параллельно третьей воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика и параллельно четвертой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика.

5 Согласно двенадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению дополнительно предусмотрено такое расположение четырех проточных отверстий в первом делителе потока, при котором воображаемые центры тяжести поверхности, в частности, кругообразных поверхностей поперечного сечения проточных  
10 отверстий первого делителя потока, образуют вершины воображаемого прямоугольника или воображаемого квадрата, причем упомянутые поверхности поперечного сечения располагаются в совместной воображаемой плоскости поперечного сечения первого делителя потока, например, перпендикулярной к первой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика или ко второй воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика.

15 Согласно двенадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено такое расположение четырех проточных отверстий в первом делителе потока, при котором воображаемые центры тяжести поверхности, в частности, круговых поверхностей поперечного сечения проточных отверстий первого делителя потока, образуют вершины воображаемого прямоугольника или  
20 воображаемого квадрата, причем упомянутые поверхности поперечного сечения лежат в совместной воображаемой плоскости поперечного сечения первого делителя потока, перпендикулярной, например, к первой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика или ко второй воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика.

25 Согласно тринадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено такое расположение четырех проточных отверстий второго делителя потока, при котором воображаемые центры тяжести поверхностей, в частности, круговых поверхностей поперечного сечения проточных отверстий второго делителя потока, образуют вершины воображаемого прямоугольника или воображаемого  
30 квадрата, причем упомянутые поверхности поперечного сечения расположены в совместной воображаемой плоскости поперечного сечения второго делителя потока, перпендикулярной, например, к первой воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика или ко второй воображаемой плоскости продольного сечения измерительного датчика.

35 Согласно четырнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждая из четырех, в частности, равновеликих измерительных труб, имела диаметр в свету более 40 мм, в частности, более 60 мм. В развитие этого варианта выполнения изобретения предусмотрено, чтобы измерительные трубы были изогнуты и расположены так, чтобы отношение между диаметром в свету  
40 и высотой трубного устройства, определяемое отношением между диаметром в свету первой измерительной трубы и максимальным боковым расширением трубного устройства, измеряемым от высшей точки первой измерительной трубы до высшей точки третьей измерительной трубы, составляло более 0,05, в частности, более 0,07, и/или менее 0,35, в частности, менее 0,2.

45 Согласно пятнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы первый делитель потока содержал фланец, в частности, массой свыше 50 кг для подсоединения измерительного датчика к трубному сегменту трубопровода, подводящему среду к измерительному датчику, а второй

делитель потока содержал фланец, в частности, массой свыше 50 кг для подсоединения измерительного датчика к трубному сегменту трубопровода, служащему для отвода среды от измерительного датчика. В развитие этого варианта выполнения изобретения каждый из фланцев содержит уплотнительную поверхность для герметичного соединения измерительного датчика с соответствующим трубным сегментом трубопровода, при этом расстояние между уплотнительными поверхностями обоих фланцев определяет монтажную длину измерительного датчика, составляющую более 1000 мм и/или менее 3000 мм. В частности, измерительный датчик выполнен таким образом, что длина первой измерительной трубы, соответствующая длине расположенного между первым проточным отверстием первого делителя потока и первым проточным отверстием второго делителя потока участка изогнутой линии первой измерительной трубы, выбирается с таким расчетом, чтобы отношение «длина измерительной трубы/монтажная длина» измерительного датчика, определяемое отношением между длиной первой измерительной трубы и монтажной длиной измерительного датчика, составляло более 0,7, в частности, более 0,8, и/или менее 1,2, и/или чтобы отношение «диаметр в свету/монтажная длина» измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром в свету первой измерительной трубы и монтажной длиной измерительного датчика, составляло более 0,02, в частности, более 0,05, и/или менее 0,09. В качестве альтернативы или в дополнение измерительный датчик выполнен таким образом, что отношение между номинальным внутренним диаметром и монтажной длиной измерительного датчика, определяемое отношением между номинальным внутренним диаметром измерительного датчика и его монтажной длиной, составляет менее 0,3, в частности, менее 0,2, и/или более 0,1, при этом номинальный внутренний диаметр соответствует диаметру в свету трубопровода, в который должен быть вставлен измерительный датчик.

Согласно шестнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы длина первой измерительной трубы, соответствующая длине расположенного между первым проточным отверстием первого делителя потока и первым проточным отверстием второго делителя потока участка изогнутой линии первой измерительной трубы, составляла более 1000 мм, в частности, более 1200 мм, и/или менее 3000 мм, в частности, менее 2500 мм.

Согласно семнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждая из четырех измерительных труб, например, с одинаковым диаметром в свету, располагалась так, чтобы минимальное боковое расстояние каждой из четырех измерительных труб, например, одинаковой длины, от боковой стенки корпуса измерительного датчика составляло более нуля, например, более 3 мм, и/или более двойной толщины соответствующей стенки трубы, и/или чтобы минимальное боковое расстояние между двумя смежными измерительными трубами составляло более 3 мм и/или более суммы толщин их стенок.

Согласно восемнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждое из проточных отверстий располагалось так, чтобы минимальное боковое расстояние между каждым из проточных отверстий и боковой стенкой корпуса измерительного датчика составляло более нуля, например, более 3 мм, и/или более двойной минимальной толщины стенки измерительных труб, и/или чтобы минимальное боковое расстояние между проточными отверстиями составляло более 3 мм и/или более двойной минимальной толщины измерительных труб.

Согласно девятнадцатому варианту выполнения измерительного датчика по

изобретению предусмотрено, чтобы устройство возбуждения было выполнено так, чтобы им возбуждались в первой и второй измерительных трубах во время работы зеркальные изгибные колебания, в третьей и четвертой измерительных трубах во время работы также зеркальные изгибные колебания.

5 Согласно двадцатому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы весовое отношение между собственной массой всего измерительного датчика и собственной массой первой измерительной трубы составляло более 10, в частности, более 15 и менее 25.

10 Согласно двадцать первому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы собственная масса M18 первой измерительной трубы, в частности, каждой измерительной трубы, составляла более 20 кг, в частности, более 30 кг и/или менее 50 кг.

15 Согласно двадцать второму варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы собственная масса измерительного датчика составляла более 200 кг, в частности, более 300 кг.

Согласно двадцать третьему варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы номинальный внутренний диаметр измерительного датчика, соответствующий диаметру в свету трубопровода, в который вставляется измерительный датчик, составлял более 50 мм, в частности, более 100 мм.

20 Предпочтительно выполнить измерительный датчик таким, чтобы отношение между массой и номинальным внутренним диаметром измерительного датчика, определяемое отношением между собственной массой измерительного датчика и номинальным внутренним диаметром измерительного датчика, составляло менее 2 кг/мм, в частности, менее 1 кг/мм и/или более 0,5 кг/мм.

25 Согласно двадцать четвертому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы первая и вторая измерительные трубы были выполнены конструктивно одинаковыми, по меньшей мере, в отношении материала их стенок и/или в отношении их геометрических размеров, в частности, длины, толщины стенки, наружного диаметра и/или диаметра в свету.

30 Согласно двадцать пятому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы третья и четвертая измерительные трубы были выполнены конструктивно одинаковыми, по меньшей мере, в отношении материала трубных стенок и/или геометрических размеров, в частности, длины измерительной трубы, ее толщины стенки, наружного диаметра и/или диаметра в свету.

35 Согласно двадцать шестому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы все четыре измерительные трубы были выполнены конструктивно одинаковыми в отношении материала стенок трубы и/или в отношении их геометрических размеров, в частности, длины измерительной трубы, толщины ее стенки, ее наружного диаметра и/или диаметра в свету.

40 Согласно двадцать седьмому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы материалом для стенок измерительных труб служил, по меньшей мере, частично, титан и/или цирконий и/или, например, нержавеющей и/или высокопрочная сталь, двухфазная нержавеющей сталь и/или сверхпрочная двухфазная нержавеющей сталь или хастеллой.

45 Согласно двадцать восьмому варианту выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы корпус измерительного датчика, делители потока и стенки измерительных труб были выполнены, например, из нержавеющей стали.

Согласно двадцать девятому варианту выполнения измерительного датчика по

изобретению предусмотрено, чтобы устройство возбуждения было образовано первым возбудителем колебаний, являющимся, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно возбуждающим колебания первой измерительной трубы относительно второй измерительной трубы. В частности, устройство возбуждения  
5 образовано вторым возбудителем колебаний, являющимся, например, электродинамическим и/или дифференцированно возбуждающим колебания третьей измерительной трубы относительно четвертой измерительной трубы. Кроме того, предусмотрено, чтобы первый и второй возбудители колебаний были электрически последовательно соединены таким образом, чтобы совместным сигналом возбуждения  
10 задавались совместные колебания первой и третьей измерительных труб относительно второй и четвертой измерительных труб. Возбудители колебаний устройства возбуждения могут быть образованы, например, закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой, причем второй возбудитель  
15 колебаний образован закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной трубе цилиндрической катушкой.

Согласно первому варианту развития измерительного датчика по изобретению он содержит первый элемент связи первого типа, удаленный как от первого делителя  
20 потока, так и от второго делителя потока, расположенный на стороне впуска, закрепленный на каждой из четырех измерительных труб, содержащий, например, Н- или Х-образное основание и предназначенный для регулирования собственных частот естественных режимов колебаний трубного устройства, например, режимов изгибных колебаний, а также второй элемент связи первого типа, удаленный как от первого  
25 делителя потока, так и от второго делителя потока, расположенный на стороне выпуска на каждой из четырех измерительных труб, содержащий, например, Н- или Х-образное основание и/или выполненный по существу конструктивно одинаковым с первым элементом связи, предназначенный для регулирования собственных частот естественных режимов колебаний трубного устройства, например, режимов изгибных колебаний.

30 Согласно первому варианту первого измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждый из элементов связи первого типа располагался симметрично относительно первой воображаемой плоскости продольного сечения.

Согласно второму варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждый из обоих элементов связи первого типа  
35 располагался симметрично второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства.

Согласно третьему варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы оба элемента связи первого типа располагались симметрично относительно воображаемой плоскости поперечного сечения трубного  
40 устройства в измерительном датчике, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения.

Согласно четвертому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы оба элемента связи первого типа располагались  
45 равноудаленно от воображаемой плоскости поперечного сечения трубного устройства в измерительном датчике, перпендикулярной как первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства.



Согласно пятому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы оба элемента связи первого типа располагались в измерительном датчике параллельно относительно воображаемой плоскости поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярной как к первой  
5 воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства.

Согласно шестому варианту первого варианта выполнения измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждый из элементов связи первого типа был выполнен и расположен в измерительном датчике таким образом, чтобы он  
10 располагался симметрично относительно первой воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства и/или относительно второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства.

Согласно седьмому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждый из обоих элементов связи первого типа  
15 был выполнен и расположен в измерительном датчике таким образом, чтобы в проекции на воображаемую плоскость поперечного сечения, перпендикулярную как к первой воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства, он имел Х-образную форму, или чтобы в проекции на воображаемую плоскость поперечного  
20 сечения, перпендикулярную к первой воображаемой плоскости продольного сечения и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства, он имел Н-образную форму.

Согласно восьмому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы как первый элемент связи первого типа, так и  
25 второй элемент связи первого типа были образованы пластинчатыми субэлементами.

Согласно девятому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы каждый из обоих элементов связи первого типа был выполнен, по меньшей мере, на отдельных участках дугообразным так, чтобы он был выпуклым, по меньшей мере, частично относительно плоскости поперечного  
30 сечения трубного устройства, расположенной между первым элементом связи первого типа и вторым элементом связи первого типа и перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства.

Согласно десятому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению предусмотрено, чтобы первый и второй элементы связи первого типа  
35 были выполнены выпуклыми, по меньшей мере, на отдельных участках относительно воображаемой плоскости поперечного сечения трубного устройства, расположенной между первым элементом связи первого типа и вторым элементом связи первого типа и перпендикулярной к первой воображаемой плоскости продольного сечения трубного  
40 устройства и ко второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства, если смотреть от плоскости поперечного сечения.

Согласно одиннадцатому варианту первого варианта развития измерительного датчика по изобретению последний содержит дополнительный, например, пластинчатый  
45 первый элемент связи второго типа, который для образования узлов колебаний на стороне впуска для вибраций, например, изгибных колебаний, первой измерительной трубы и для зеркальных относительно их вибраций, например, изгибных вибраций второй измерительной трубы на стороне впуска закреплен на первой и второй измерительных трубах, например, на трубном сегменте первой измерительной трубы,

расположенном между первым делителем потока и элементом связи первого типа, а также на трубном сегменте второй измерительной трубы, расположенном между первым делителем потока и первым элементом связи первого типа, например, пластинчатый и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом связи второго

5 типа и/или параллельный первому элементу связи второго типа, второй элемент связи второго типа, который для образования на стороне выпуска как узлов колебаний для вибрации, например, изгибных колебаний, первой измерительной трубы, так и зеркальных относительно их вибраций, например, изгибных колебаний, второй измерительной трубы на стороне выпуска закреплен на первой и второй измерительных

10 трубах, например, как на трубном сегменте первой измерительной трубы, расположенном между вторым делителем потока и вторым элементом связи первого типа, так и на втором трубном сегменте второй измерительной трубы, расположенном между вторым делителем потока и вторым элементом связи второго типа, например, пластинчатый и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом

15 связи второго типа третий элемент связи второго типа, который расположен параллельно второму элементу связи второго типа и который для образования на стороне впуска узлов колебаний как для вибрации, например, изгибных колебаний, третьей измерительной трубы, так и для зеркальных относительно их вибраций, например, изгибных колебаний, четвертой измерительной трубы расположен на стороне

20 впуска третьей и четвертой измерительных труб на удалении от первого и второго делителей потока, например, как на первом трубном сегменте третьей измерительной трубы, расположенном между первым делителем потока и первым элементом связи первого типа, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы, расположенном между первым делителем потока и первым элементом связи первого

25 типа, а также, например, пластинчатый и/или расположенный параллельно первому элементу связи второго типа и/или первому элементу связи второго типа четвертый элемент связи второго типа, который для образования на стороне выпуска узлов колебаний, как для вибрации, например, изгибных колебаний, третьей измерительной трубы, так и для зеркальных относительно их вибраций, например, изгибных колебаний,

30 четвертой измерительной трубы, удаленный на стороне выпуска от первого и второго делителей потока и от первого элемента связи, закреплен на третьей и четвертой измерительных трубах, например, как на трубном сегменте третьей измерительной трубы, расположенном между вторым делителем потока и вторым элементом связи первого типа, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы,

35 расположенном между вторым делителем потока и вторым элементом связи первого типа. Измерительный датчик по этому варианту выполнения изобретения может быть изготовлен, например, в результате того, что сначала на первой и второй измерительных трубах закрепляют первый элемент связи второго типа и второй элемент связи второго типа для получения первого пакета измерительных труб, третий элемент связи второго

40 типа и четвертый элемент связи второго типа закрепляют на третьей и четвертой измерительных трубах, а также в результате того, что затем первый и второй элементы связи первого типа закрепляют, по меньшей мере, на измерительной трубе, например, на каждой измерительной трубе, из первого пакета измерительных труб и, по меньшей мере, на одной, например, на каждой измерительной трубе из второго пакета

45 измерительных труб.

Согласно второму варианту развития изобретения измерительный датчик содержит сенсорное устройство, реагирующее на вибрации, в частности, создаваемые устройством возбуждения изгибные колебания, измерительных труб, образованные, например,

электродинамическими и/или конструктивно одинаково выполненными датчиками колебаний, и предназначенное для формирования сигналов, отображающих вибрации, в частности, изгибные колебания, измерительных труб.

Согласно первому варианту второго варианта развития изобретения предусмотрено, чтобы сенсорное устройство было образовано первым датчиком колебаний, являющимся электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания первой измерительной трубы относительно второй измерительной трубы и расположенным на стороне впуска, а также вторым датчиком колебаний, являющимся, в частности, электродинамическим и регистрирующим колебания первой измерительной трубы относительно второй измерительной трубы и расположенным на стороне выпуска, в частности, таким образом, чтобы измерительная длина измерительного датчика, соответствующая длине участка изогнутой линии первой измерительной трубы между первым и вторым датчиками колебаний, составляла более 500 мм, в частности, более 600 мм, и/или менее 1200 мм и/или, чтобы отношение между диаметром в свету и мерной длиной измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром в свету первой измерительной трубы и мерной длиной измерительного датчика, составляло более 0,05, в частности, более 0,09. Кроме того, первый датчик колебаний может быть образован закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой, второй датчик колебаний образован закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой.

Согласно второй версии второго варианта развития изобретения предусмотрено, чтобы сенсорное устройство было образовано, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания первой измерительной трубы относительно второй измерительной трубы, расположенным на стороне впуска первым датчиком колебаний, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания первой измерительной трубы относительно второй измерительной трубы, расположенным на стороне выпуска вторым датчиком колебаний, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания третьей измерительной трубы относительно четвертой измерительной трубы, расположенным на стороне впуска третьим датчиком колебаний, а также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания третьей измерительной трубы относительно четвертой измерительной трубы, расположенным на стороне выпуска четвертым датчиком колебаний, в частности, таким образом, чтобы мерная длина измерительного датчика, соответствующая расположенному между первым и вторым датчиками колебаний участку изогнутой линии первой измерительной трубы, составляла более 500 мм, в частности, более 600 мм, и/или менее 1200 мм, и/или чтобы отношение между диаметром в свету и мерной длиной измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром в свету первой измерительной трубы и мерной длиной измерительного датчика, составляло более 0,05, в частности, более 0,09. При этом целесообразно электрически последовательно соединить первый и третий датчики колебаний таким образом, чтобы совместный сигнал колебаний отображал совместные колебания на стороне впуска первой и третьей измерительных труб относительно второй и четвертой измерительных труб, и/или чтобы второй и четвертый датчики колебаний были электрически последовательно соединены таким образом, чтобы совместный сигнал отображал совместные колебания первой и третьей измерительных труб на стороне выхода относительно второй и четвертой измерительных

труб. В качестве альтернативы или в дополнение первый датчик колебаний может быть образован закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой, второй датчик колебаний может быть образован закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой, и/или третий датчик колебаний может быть образован закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной трубе цилиндрической катушкой, четвертый датчик колебаний может быть образован закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной трубе цилиндрической катушкой

Согласно первому варианту выполнения измерительной системы по изобретению предусмотрено, чтобы четыре измерительные трубы совершали в процессе работы, будучи возбужденными устройством возбуждения, синхронно изгибные колебания, например, в режиме изгибных колебаний первого типа. Такой вариант выполнения изобретения в развитии предусматривает, чтобы устройство возбуждения вызывало колебания измерительных труб, в частности, изгибные колебания в первом режиме первого типа, в результате того, что сила возбуждения, создаваемая первым возбудителем колебаний и воздействующая на первую измерительную трубу, является противоположно направленной, например, зеркальной, относительно силы возбуждения, создаваемой синхронно первым возбудителем колебаний и воздействующей на вторую измерительную трубу.

Согласно второму варианту выполнения измерительной системы по изобретению предусмотрено, чтобы устройство возбуждения содержало, по меньшей мере, один, первый воздействующий, например, дифференцированно на первую и вторую измерительные трубы возбудитель колебаний, закрепленный, например, на этих трубах, являющийся электродинамическим и предназначенный для преобразования с помощью электронного преобразователя поступающей в устройство возбуждения электрической мощности возбуждения, например, в переменные и/или периодические изгибные колебания первой измерительной трубы, по меньшей мере, с одной частотой сигналов, соответствующей собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, и в механические силы возбуждения, воздействующие на изгибные колебания второй измерительной трубы, зеркальные относительно упомянутых изгибных колебаний первой измерительной трубы в отношении второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства. Этот вариант выполнения изобретения в развитии также предусматривает, чтобы первый возбудитель колебаний был образован закрепленным на первой измерительной трубе, например, на участке ее наивысшей точки, постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе, например, на участке ее наивысшей точки, цилиндрической катушкой. В качестве альтернативы или в дополнение устройство возбуждения может также иметь второй возбудитель колебаний, например, дифференцированно воздействующий на третью и четвертую измерительные трубы, например, закрепленный на них и/или являющийся электродинамическим и/или одинаково конструктивно выполненным с первым возбудителем колебаний и/или последовательно электрически соединенным с первым возбудителем колебаний и предназначенным для преобразования подаваемой электронным преобразователем в устройство возбуждения электрической мощности возбуждения, например, в переменные

и/или периодические изгибные колебания третьей измерительной трубы, соответствующих, по меньшей мере, собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, и в механические силы возбуждения, воздействующие на изгибные колебания четвертой измерительной трубы, зеркальные относительно упомянутым изгибным колебаниям третьей измерительной трубы в отношении второй 5 воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства. Вторым возбудителем колебаний может быть при этом образован закрепленным на третьей измерительной трубе, например, на участке ее наивысшей точки, постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной 10 трубе цилиндрической катушкой, например, на участке ее наивысшей точки.

Согласно третьему варианту выполнения измерительной системы по изобретению предусмотрено, чтобы электронный преобразователь обеспечивал устройство возбуждения электрической мощностью возбуждения посредством, по меньшей мере, одного поданного в устройство возбуждения электрического сигнала возбуждения, по 15 меньшей мере, с соответствующей собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства частотой сигнала и являющегося переменным и/или, по меньшей мере, иногда периодическим, например, с переменным максимальным уровнем напряжения и/или переменной максимальной силой тока, и чтобы устройство возбуждения преобразовывало электрическую мощность возбуждения, зависящую от 20 уровня напряжения и силы тока, по меньшей мере, одного сигнала возбуждения, по меньшей мере, частично как в изгибные колебания первой измерительной трубы и зеркальные относительно трубного устройства изгибные колебания второй измерительной трубы, так и в изгибные колебания третьей измерительной трубы и в изгибные колебания четвертой измерительной трубы, зеркальные относительно 25 изгибных колебаний третьей измерительной трубы в отношении второй воображаемой плоскости продольного сечения трубного устройства. Этим вариантом выполнения изобретения предусмотрено, чтобы, по меньшей мере, один сигнал возбуждения подавался в первый возбудитель колебаний, например, таким образом, чтобы через его цилиндрическую катушку проходил первый ток возбуждения, создаваемый 30 переменным первым напряжением возбуждения под действием первого сигнала возбуждения. В качестве альтернативы или в дополнение, по меньшей мере, один сигнал возбуждения может состоять из множества его компонентов с различной частотой сигнала, причем, по меньшей мере, один из компонентов сигнала, например, доминирующий в отношении мощности сигнала компонент, первого сигнала 35 возбуждения содержит частоту сигнала, соответствующую собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, например, режима изгибных колебаний первого типа, в котором каждая из четырех измерительных труб совершает изгибные колебания.

Согласно четвертому варианту выполнения измерительной системы по изобретению 40 предусмотрено, чтобы электронный преобразователь вырабатывал на основе преобразованной в устройстве возбуждения электрической мощности возбуждения измеряемую величину, отображающую вязкость текущей среды и/или, чтобы электронный преобразователь вырабатывал на основе полученных от измерительного датчика сигналов колебаний измеряемую величину, отображающую массовый расход 45 текущей среды, и/или вырабатывал измеряемую величину, отображающую плотность текущей среды.

Основная идея изобретения заключается в том, что вместо обычно применяемых в традиционных измерительных датчиках большого номинального внутреннего диаметра

трубных устройств с двумя одновременно проточными измерительными трубами применяются трубные устройства с четырьмя одновременно проточными, изогнутыми, например, V-образно или в виде дуги, измерительными трубами, в результате чего достигается, с одной стороны, оптимальное использование ограниченной занимаемой площади и, с другой стороны, приемлемая потеря давления в широком диапазоне измерений, в частности, также при очень больших величинах массового расхода, значительно превышающих 1000 т/ч. Кроме того, эффективное проточное сечение трубного устройства, определяемое общим поперечным сечением четырех измерительных труб, может быть увеличено более чем на 20% по сравнению с обычными измерительными датчиками с двумя измерительными трубами одинакового номинального внутреннего диаметра и одинаковой собственной массой.

Преимущество изобретения состоит также в том, что в результате применения изогнутых измерительных труб длительные механические напряжения, вызываемые, например, тепловым расширением измерительных труб или зажимными усилиями трубного устройства в измерительном датчике, значительно предупреждаются или, по меньшей мере, поддерживаются на очень низком уровне и тем самым уверенно гарантируется точность измерений и структурная целостность соответствующего измерительного датчика также при использовании экстремально горячей среды или при сильных колебаниях температурного градиента внутри трубного устройства. Кроме того, благодаря симметричности трубного устройства могут быть в значительной степени нейтрализованы те поперечные силы, вызываемые изгибными колебаниями изогнутых измерительных труб, которые, как это уже рассматривалось в приведенных выше документах EP-A 1248084 и US-B 7350421, действуют по существу перпендикулярно плоскостям продольного сечения соответствующего измерительного датчика или трубного устройства и существенно могут сказаться на точности измерений измерительных датчиков вибрационного типа. Кроме того, в измерительных датчиках названного выше типа по сравнению с традиционными измерительными датчиками с одной или двумя изогнутыми измерительными трубами отмечено повышенное качество колебаний измерительного датчика в целом, что объясняется не в последнюю очередь существенно меньшим рассеиванием энергии колебаний на участке между измерительным датчиком и подключенным к нему трубопроводом, например, вследствие нежелательных деформаций делителей потока. Также колебания измерительных труб измерительных датчиков согласно настоящему изобретению характеризуются, по сравнению с традиционными измерительными датчиками, существенно меньшей зависимостью от гидравлического удара и шума.

Другое преимущество измерительного датчика по изобретению состоит в том, что могут применяться широко распространенные конструкторские решения, например, в отношении используемых материалов, техники соединений, технологических операций и пр. или их требуется лишь незначительно модифицировать, в результате чего стоимость изготовления становится в целом сопоставимой со стоимостью обычных измерительных датчиков. Также еще одним преимуществом изобретения является то, что в результате обеспечивается не только возможность изготовления относительно компактных измерительных датчиков вибрационного типа с большим номинальным внутренним диаметром свыше 150 мм, в частности, свыше 250 мм, с удобными для пользования геометрическими размерами и собственной массой, но также и экономическая целесообразность.

Поэтому измерительный датчик согласно изобретению особенно пригоден для измерения текучих сред, транспортируемых по трубопроводу с диаметром в свету более

150 мм, в частности, 300 мм и более. Кроме того, измерительный датчик пригоден также для измерения таких массовых расходов, которые, по меньшей мере, периодически составляют более 1000 т/ч, в частности, по меньшей мере, периодически более 1500 т/ч, как это имеет место, например, при измерениях нефти, природного газа или других нефтехимических продуктов.

Ниже изобретение и его оптимальные варианты выполнения подробнее поясняются с помощью примеров выполнения, представленных на чертежах. На всех чертежах одинаковые элементы обозначены одинаковыми позициями; в целях наглядности или в том случае, когда представляется целесообразным, уже упоминавшиеся позиции на последующих чертежах не используются. Другие оптимальные варианты выполнения или развития, в частности, комбинации из ранее пояснявшихся частичных аспектов изобретения, представлены на чертежах и в зависимых пунктах формулы изобретения.

При этом изображено:

фиг.1, 2 - проточный измерительный прибор в качестве, например, измерительного прибора Кориолиса для измерения расхода, плотности и вязкости, виды сбоку в перспективе с частичным разрезом;

фиг.3а, b - проекция проточного измерительного прибора на фиг.1 с двумя разными видами сбоку;

фиг.4а - вид сбоку в перспективе на измерительный датчик вибрационного типа с трубным устройством, образованным четырьмя изогнутыми измерительными трубами и встроенным в проточный измерительный прибор на фиг.1;

фиг.4b - вид сбоку в перспективе на трубное устройство на фиг.4а;

фиг.5а, b - проекция измерительного датчика на фиг.4а с двумя разными видами сбоку;

фиг.6а, b - проекции трубного устройства на фиг.4b, два разных вида сбоку;

фиг.7а, b - схематически режимы колебаний (режим V, режим X) трубного устройства на фиг.4b в проекции на воображаемую плоскость поперечного сечения этого трубного устройства.

На фиг.1, 2 схематически показана измерительная система 1, выполненная, в частности, в виде измерительного прибора Кориолиса для измерения массового расхода и/или плотности, и предназначенная для регистрации массового расхода  $m$  текущей по трубопроводу (в целях наглядности не показан) среды и для образования моментально отображающей расход замеренной величины. Средой может служить практически любой текучий материал, например, порошок, жидкость, газ, пар и пр. В качестве альтернативы или в дополнение измерительная система 1, при необходимости, может также применяться для измерения плотности  $\rho$  и/или вязкости  $\eta$  среды. В частности, измерительная система 1 предусмотрена для измерения таких сред, как, например, нефть, природный газ или другие нефтехимические продукты, транспортируемые по трубопроводу с диаметром в свету более 250 мм, в частности, 300 мм и более. Также проточный измерительный прибор предусмотрен для измерения текучих сред названного выше типа, перемещающихся при величине массового расхода более 1000 т/ч, в частности, более 1500 т/ч.

Измерительная система 1, которая в данном случае представляет собой проточный измерительный прибор, а именно встроенный в трубопровод измерительный прибор компактного исполнения, содержит измерительный датчик 11 вибрационного типа, через который в процессе работы протекает измеряемая среда, а также электрически связанный с измерительным датчиком 1, отдельно не показанный электронный преобразователь 12 для управления измерительным датчиком и обработки поступающих

от него сигналов колебаний. Оптимально, чтобы электронный преобразователь 12, образованный, например, с помощью одного или нескольких микропроцессоров и/или одного или нескольких цифровых процессоров обработки сигналов, был выполнен, например, таким образом, чтобы в процессе работы измерительной системы 1 он мог обмениваться измерительными и/или другими рабочими данными с вышестоящим относительно измерительной системы блоком обработки замеренных величин, например, с запоминающим программируемым управляющим устройством, персональным компьютером и/или рабочей станцией через систему передачи данных, например, проводную систему полевых шин и/или беспроводным способом по радио. Кроме того, электронный преобразователь 12 может быть выполнен таким, чтобы его питание осуществлялось от наружного источника энергоснабжения, например, также через названную выше систему полевых шин. В том случае, когда предусмотрено подключение измерительной системы 1 к системе полевых шин или другой системе связи, электронный преобразователь 12, например, программируемый на месте и/или через систему связи, может содержать дополнительно соответствующий интерфейс связи для передачи данных, например, для передачи данных измерений в упомянутое запоминающее программируемое управляющее устройство или в вышестоящую систему управления производственным процессом и/или для приема установочных данных для измерительной системы.

На фиг.4а, 4b, 5а, 5b, 6а, 6b показан в различном изображении пример выполнения измерительного датчика 11 вибрационного типа, предназначенного для измерительной системы 1, в частности, датчик Кориолиса для измерения массового расхода, плотности и/или вязкости, при этом измерительный датчик 11 вставляется во время работы в трубопровод, который не показан и по которому перемещается измеряемая среда, например, порошковая, жидкая, газообразная или парообразная среда. Измерительный датчик 11 предназначен, как уже упоминалось, для образования в текущей среде таких механических сил реакции, в частности, зависящих от величины массового расхода сил Кориолиса, зависящих от плотности среды сил инерции и/или зависящих от вязкости среды сил трения, которые являются измеряемыми, в частности, регистрируемыми, датчиками, которые обратно воздействуют на измерительный датчик. На основе этих характеризующих среду сил реакции возможно замерять с помощью методов обработки, заложенных в электронный преобразователь, известным специалисту способом, например, величину  $m$  массового расхода, и, следовательно, массовый расход, и/или плотность, и/или вязкость среды.

Измерительный датчик 11 содержит корпус 7, который в данном случае имеет частично по существу трубчатую форму и, следовательно, снаружи частично цилиндрическую форму, в котором расположены предназначенные для регистрации, по меньшей мере, одной измеряемой величины компоненты измерительного датчика 11 для защиты от воздействия наружных факторов окружающей среды, т.е. от пыли или водяных брызг, или также от воздействующих на измерительный датчик снаружи сил и пр. Первый, расположенный на сторону впуска конец корпуса  $7_1$  образован посредством расположенного на стороне впуска первого делителя  $20_1$  потока, расположенный на стороне выпуска конец корпуса  $7_1$  образован посредством расположенного на стороне выпуска второго делителя  $20_2$  потока. Каждый из обоих, выполненных в виде неотъемлемой составной части корпуса делителей  $20_1$ ,  $20_2$  потока содержит четыре разнесенных между собой, например, цилиндрических или конических или выполненных в виде внутреннего конуса проточных отверстий  $20_{1A}$ ,  $20_{1B}$ ,  $20_{1C}$ ,



20<sub>1D</sub>, или 20<sub>2A</sub>, 20<sub>2B</sub>, 20<sub>2C</sub>, 20<sub>2D</sub>. Кроме того, каждый, выполненный, например, из стали делитель 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub> потока снабжен, например, изготовленным из стали фланцем б<sub>1</sub> или б<sub>2</sub> для подключения измерительного датчика 11 к подводящему к измерительному датчику среду трубному сегменту трубопровода или к отводящему от измерительного датчика среду трубному сегменту упомянутого трубопровода. Каждый из обоих фланцев б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub> имеет согласно варианту выполнения изобретения массу более 50 кг, в частности, более 60 кг, и/или менее 100 кг. Для соединения без утечек, в частности, для герметичного соединения, измерительного датчика с соответствующим трубным сегментом трубопровода каждый из фланцев имеет также соответствующую, по возможности плоскую уплотнительную поверхность б<sub>1А</sub> или б<sub>2А</sub>. Расстояние между обеими уплотнительными поверхностями б<sub>1А</sub>, б<sub>2А</sub> обоих фланцев практически определяет монтажную длину L<sub>11</sub> измерительного датчика 11. Размеры фланцев, в частности, касающиеся их внутреннего диаметра, их уплотнительной поверхности и их сверлений под соответствующие соединительные болты выбраны в соответствии с предусмотренным для измерительного датчика 11 номинальным внутренним диаметром D<sub>11</sub> и, при необходимости, в соответствии с промышленными стандартами на диаметр в свету трубопровода, в который вставляется измерительный датчик. Вследствие особо необходимых больших номинальных внутренних диаметров измерительного датчика его монтажная длина L<sub>11</sub> согласно варианту выполнения изобретения составляет более 1200 мм. Кроме того предусмотрено, чтобы монтажная длина измерительного датчика 11 была по возможности малой, в частности, менее 3000 мм. Фланцы б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub>, как это четко показано на фиг.4А и как это принято в отношении таких измерительных датчиков, располагаются по возможности близко к проточным отверстиям делителей 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub> потока с тем, чтобы обеспечивался по возможности короткий путь притока и оттока в делителях потока, и таким образом достигалась в целом по возможности короткая монтажная длина L<sub>11</sub> измерительного датчика, составляющая, в частности, менее 3000 мм. Для другого по возможности компактного измерительного датчика с требуемыми большими количествами массового расхода свыше 1000 т/ч, согласно другому варианту выполнения изобретения, монтажная длина и номинальный внутренний диаметр измерительного датчика согласуют между собой таким образом, чтобы отношение между номинальным внутренним диаметром и монтажной длиной, D<sub>11</sub>/L<sub>11</sub>, измерительного датчика, определяемое отношением между номинальным внутренним диаметром D<sub>11</sub> измерительного датчика и монтажной длиной L<sub>11</sub>, составляло менее 0,3, в частности, менее 0,2, и/или более 0,1. В приведенном здесь примере выполнения, по меньшей мере, средний сегмент 7<sub>1А</sub> корпуса 7<sub>1</sub> датчика образован прямой, в данном случае цилиндрической и прежде всего состоящей из трех частей трубой, в результате чего для изготовления корпуса 7<sub>1</sub> могут применяться, например, также стандартизованные и, следовательно, не дорогостоящие сварные или литые трубы, например, из литой или ковальной стали. Как можно видеть на фигурах 1 и 2, средний сегмент 7<sub>1А</sub> корпуса 7<sub>1</sub> выполнен, например, также с помощью трубы, имеющей приблизительно диаметр в свету подключаемого трубопровода, следовательно, с соответствующим номинальным внутренним диаметром D<sub>11</sub> измерительного датчика, в частности, трубы, которая в отношении диаметра в свету, толщины стенки и материала соответствует подключаемому трубопроводу и, следовательно, допустимому рабочему

давлению. В том случае, когда трубный средний сегмент, а также делители потока, связанные с соответствующим фланцем, на участке притока и оттока имеют одинаковый внутренний диаметр, корпус измерительного датчика может быть образован таким образом, чтобы на концах образующей средний сегмент трубы фланцы были приформованы или приварены и чтобы делители потока были образованы пластинами, в частности, расположенными с некоторым зазором к фланцам, приваренными к внутренней стенке орбитально и/или посредством лазера и содержащими проточные отверстия.

Для подачи, по меньшей мере, периодически протекающей по трубопроводу и измерительному датчику среды измерительный датчик согласно изобретению содержит также трубное устройство с четырьмя измерительными трубами 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, закрепленными в корпусе 10 датчика с возможностью колебаний и имеющими, например, по меньшей мере, на отдельных участках дугообразную форму и/или, как схематически показано, выполненными, по меньшей мере, на отдельных участках V-образными.

Четыре одинаково длинных и попарно параллельных измерительных трубы сообщаются с подключенным к измерительному датчику трубопроводом и в процессе работы, по меньшей мере, периодически, в частности, синхронно приводятся в состояние вибрации в активно возбужденном режиме колебаний, так называемом активном режиме, пригодном для определения физической измеряемой величины. Из четырех измерительных труб первая измерительная труба 18<sub>1</sub> заходит своим расположенным на стороне впуска первым концом в первое проточное отверстие 20<sub>1А</sub> первого делителя 20<sub>1</sub> потока, своим расположенным на стороне выпуска вторым концом в первое проточное отверстие 20<sub>2А</sub> второго делителя 20<sub>2</sub> потока, вторая измерительная труба 18<sub>2</sub> заходит своим расположенным на стороне впуска первым концом во второе проточное отверстие 20<sub>1В</sub> первого делителя 20<sub>1</sub> потока и своим расположенным на стороне выпуска вторым концом - во второе проточное отверстие 20<sub>2В</sub> второго делителя 20<sub>2</sub> потока, третья измерительная труба 18<sub>3</sub> заходит своим расположенным на стороне впуска первым концом в третье проточное отверстие 20<sub>1</sub> первого делителя 20<sub>1</sub> потока и своим расположенным на стороне выпуска вторым концом - в третье проточное отверстие 20<sub>2С</sub> второго делителя 20<sub>2</sub> потока, четвертая измерительная труба 18<sub>4</sub> заходит своим расположенным на стороне впуска первым концом в четвертое проточное отверстие 20<sub>1D</sub> первого делителя 20<sub>1</sub> потока и своим расположенным на стороне выпуска вторым концом - в четвертое проточное отверстие 20<sub>2D</sub> второго делителя 20 г потока.

Таким образом, четыре измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> оказываются подключенными с образованием гидравлических, параллельно расположенных проточных трактов, в частности, к конструктивно одинаково выполненным делителям 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub> потока, а именно таким образом, что обеспечивается возможность вибраций, в частности, изгибных колебаний, измерительных труб относительно друг друга, а также относительно корпуса измерительного датчика. Также предусмотрено, чтобы четыре измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> были закреплены с возможностью колебаний посредством только названных делителей 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub> потока в корпусе 7 датчика, а именно в данном случае на среднем сегменте 7<sub>1А</sub>. В качестве материала для стенок измерительных труб пригодны, например, нержавеющая сталь, при необходимости также высокопрочная сталь, качественная сталь, титан, цирконий или тантал или их

сплавы или также жаропрочные сплавы, такие, как хастеллой, инконель и пр. Кроме того материалом для четырех измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> может практически служить любой другой, применяемый для этого или, по меньшей мере, пригодный для этого материал, в частности, материалы по возможности с низким коэффициентом  
5 теплового расширения и по возможности с большим пределом текучести. В качестве альтернативы или в дополнение, согласно другому варианту выполнения изобретения, по меньшей мере, первая и вторая измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub> выполнены конструктивно одинаковыми относительно материала трубных стенок и/или  
10 геометрической размерности труб, в частности, длины, толщины стенки, наружного диаметра и/или диаметра в свету. Также, по меньшей мере, третья и четвертая измерительные трубы 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> выполнены конструктивно одинаковыми относительно материала трубных стенок и/или их геометрической размерности, в частности, длины, толщины стенки, наружного диаметра и/или диаметра в свету, в результате чего четыре  
15 измерительных трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> выполнены, по меньшей мере, попарно по существу конструктивно одинаковыми. Предпочтительно четыре измерительных трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> выполнены конструктивно одинаковыми в отношении материала трубных стенок и/или их геометрической размерности, в частности, длины, толщины  
20 стенки, наружного диаметра, формы соответствующей изогнутой линии и/или диаметра в свету, в частности, таким образом, чтобы в результате, по меньшей мере, минимальная резонансная частота изгибных колебаний каждой из четырех пустых или содержащих равномерно текущую однородную среду измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> по  
существу была равна соответствующим минимальным резонансным частотам изгибных колебаний других оставшихся измерительных труб.

В измерительном датчике согласно изобретению измерительные трубы, как это четко видно на фиг.2, 4а, 4b, выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что трубное устройство содержит воображаемую плоскость XZ продольного сечения, лежащую как между первой измерительной трубой 18<sub>1</sub> и третьей измерительной  
30 трубой 18<sub>3</sub>, так и между второй измерительной трубой 18<sub>2</sub> и четвертой измерительной трубой 18<sub>4</sub>, по отношению к которой трубное устройство является зеркально симметричным, и что трубное устройство дополнительно содержит вторую воображаемую плоскость YZ продольного сечения, проходящую перпендикулярно  
35 первой воображаемой плоскости XZ продольного сечения и расположенную как между первой измерительной трубой 18<sub>1</sub> и второй измерительной трубой 18<sub>2</sub>, так и между третьей измерительной трубой 18<sub>3</sub> и четвертой измерительной трубой 18<sub>4</sub>, относительно которой трубное устройство является зеркально симметричным. В результате этого сводятся к минимуму не только механические напряжения, создаваемые тепловым  
40 расширением измерительных труб внутри трубного устройства, но также могут быть существенно нейтрализованы поперечные силы, вызываемые изгибными колебаниями изогнутых измерительных труб внутри трубного устройства и действующие по существу перпендикулярно линии сечения обеих названных плоскостей продольного сечения, также и те раскрытые в упомянутых выше документах EP-A 1248084 и US-B 7350421  
45 поперечные силы, которые по существу направлены перпендикулярно первой воображаемой плоскости XZ продольного сечения. Как отчетливо показано на фиг.4а, 4b, 5а, 5b, в представленном на них примере выполнения каждая из четырех измерительных труб имеет соответствующую наивысшую точку, определяемую как максимальное вертикальное расстояние соответствующей измерительной трубы от

первой воображаемой плоскости  $XZ$  продольного сечения. В остальном трубное устройство, как это также показано на фигурах 4a-6b, имеет воображаемую плоскость  $XY$  поперечного сечения, перпендикулярную первой воображаемой плоскости  $XZ$  продольного сечения и второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения.

5 Согласно предпочтительному варианту выполнения изобретения трубное устройство выполнено таким образом, что его центр тяжести лежит в воображаемой плоскости  $XY$  поперечного сечения, или что трубное устройство является зеркально симметричным относительно воображаемой плоскости  $XY$  поперечного сечения, например, таким образом, что воображаемая плоскость  $XY$  поперечного сечения пересекается с каждой  
10 из четырех измерительных труб в их наивысшей точке.

Для дополнительной симметризации измерительного датчика и, следовательно, для дополнительного упрощения его конструкции оба делителя  $20_1$ ,  $20_2$  потока согласно другому варианту выполнения изобретения выполнены и размещены в измерительном датчике так, что, как это схематически показано на фигурах 4a, 4b, воображаемая  
15 первая соединительная ось  $Z_1$  измерительного датчика, мысленно соединяющая первое проточное отверстие  $20_{1A}$  первого делителя  $20_1$  потока с первым проточным отверстием  $20_{2A}$  второго делителя  $20_2$  потока, проходит параллельно воображаемой второй соединительной оси  $Z_2$  измерительного датчика, мысленно соединяющей второе  
20 проточное отверстие  $20_{1B}$  первого делителя  $20_1$  потока со вторым проточным отверстием  $20_{2B}$  второго делителя  $20_2$  потока, и что воображаемая третья соединительная ось  $Z_3$  измерительного датчика, мысленно соединяющая третье проточное отверстие  $20_{1C}$  первого делителя  $20_1$  потока с третьим проточным отверстием  $20_{2C}$  второго делителя  
25  $20_2$  потока, проходит параллельно воображаемой четвертой соединительной оси  $Z_4$  измерительного датчика, мысленно соединяющей четвертое проточное отверстие  $20_{2B}$  первого делителя  $20_1$  потока с четвертым проточным отверстием  $20_{2B}$  второго делителя потока. Как показано на фигурах 4a, 4b, делители потока кроме того выполнены и  
30 расположены в измерительном датчике так, чтобы соединительные оси  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$  располагались параллельно основной оси  $L$  потока измерительного датчика, являющейся по существу соосной и/или совпадающей с указанной выше линией сечения обеих воображаемых плоскостей  $XZ$ ,  $YZ$  продольного сечения трубного устройства. Кроме того, оба делителя  $20_1$ ,  $20_2$  потока могут быть также выполнены и расположены в  
35 измерительном датчике таким образом, чтобы первая воображаемая плоскость  $XZ_1$  продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат первая воображаемая соединительная ось  $Z_1$  и вторая воображаемая соединительная ось  $Z_2$ , была параллельна второй воображаемой плоскости  $XZ_2$  продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат воображаемая третья соединительная ось  $Z_3$  и воображаемая четвертая  
40 соединительная ось  $Z_4$ .

Кроме того, измерительные трубы согласно другому варианту выполнения изобретения выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что воображаемая первая плоскость  $XZ$  продольного сечения трубного устройства, как  
45 это показано на фиг.3a и 4a, располагается между упомянутой выше первой воображаемой плоскостью  $XZ_1$  продольного сечения измерительного датчика и также упомянутой выше второй воображаемой плоскостью  $XZ_2$  продольного сечения измерительного датчика, например, таким образом, что первая плоскость  $XZ$

продольного сечения трубного устройства расположена параллельно первой и второй плоскостям  $XZ_1$ ,  $XZ_2$  продольного сечения измерительного датчика. Также измерительные трубы выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что также и вторая воображаемая плоскость  $YZ$  продольного сечения трубного устройства проходит между третьей воображаемой плоскостью  $YZ_1$  продольного сечения измерительного датчика и четвертой воображаемой плоскостью  $YZ_2$  продольного сечения измерительного датчика, например, таким образом, что вторая воображаемая плоскость  $YZ$  продольного сечения трубного устройства располагается параллельно третьей воображаемой плоскости  $YZ_1$  продольного сечения измерительного датчика, а также параллельно четвертой воображаемой плоскости  $YZ_2$  продольного сечения измерительного датчика. В представленном здесь примере выполнения трубное устройство, как это видно из фиг.4а, 4б, 5а, 5б, 6а, выполнено и размещено в корпусе датчика таким образом, что в результате не только общая линия пересечения первой и второй воображаемых плоскостей  $XZ$ ,  $YZ$  продольного сечения трубного устройства проходит параллельно или совпадает с продольной осью  $L$ , но также и совместная линия пересечения первой плоскости  $XZ$  продольного сечения и плоскости  $XU$  поперечного сечения является параллельной воображаемой поперечной оси  $Q$  измерительного датчика, перпендикулярной продольной оси  $L$ , и общая линия пересечения второй плоскости  $YZ$  продольного сечения и плоскости  $XU$  поперечного сечения является параллельной воображаемой вертикальной оси  $H$  измерительного датчика, перпендикулярной продольной оси  $L$ .

Согласно другому оптимальному варианту выполнения изобретения проточные отверстия первого делителя  $20_1$  расположены таким образом, что воображаемые центры тяжести поверхности, относящиеся в данном случае к кругообразным поверхностям поперечного сечения проточных отверстий первого делителя потока, образуют вершины воображаемого четырехугольника или воображаемого квадрата, причем указанные поверхности поперечного сечения в свою очередь расположены в совместной воображаемой плоскости поперечного сечения первого делителя потока, перпендикулярной, например, к расположенной в первой плоскости  $XZ$  продольного сечения трубного устройства или параллельной упомянутой основной оси потока измерительного датчика или также совпадающей с ней продольной оси  $L$  измерительного датчика или также перпендикулярной к плоскостям продольного сечения измерительного датчика. Кроме того проточные отверстия второго делителя  $20_2$  потока расположены так, что относящиеся, в данном случае, также к кругообразным плоскостям поперечного сечения проточных отверстий второго делителя  $20_2$  потока воображаемые центры тяжести образуют вершины воображаемого прямоугольника или квадрата, при этом указанные поверхности поперечного сечения в свою очередь расположены в общей воображаемой плоскости поперечного сечения второго делителя потока, перпендикулярной к упомянутой оси основного потока или также к продольной оси  $L$  измерительного датчика и перпендикулярной к плоскостям продольного сечения измерительного датчика. Согласно другому варианту выполнения изобретения измерительные трубы изогнуты и расположены в измерительном датчике так, чтобы отношение между диаметром в свету и высотой,  $D_{18}/Q_{18}$ , трубного устройства, определяемое отношением между диаметром в свету  $D_{18}$  первой измерительной трубы и максимальным боковым расширением  $Q_{18}$  трубного устройства, замеренным между высшей точкой первой измерительной трубы и высшей точкой третьей измерительной

трубы или между высшей точкой второй измерительной трубы и высшей точкой четвертой измерительной трубы, составляло более 0,05, в частности, более 0,07, и/или менее 0,35, в частности, менее 0,2.

В целях реализации по возможности компактного измерительного датчика, пригодного и для упомянутого выше случая, таким, чтобы он имел относительно большой номинальный внутренний диаметр, равный 250 мм и более, и/или, чтобы измерительные трубы с боков выступали сравнительно далеко, корпус 7 датчика, как это показано на фиг. 1, 2, предпочтительно выполнить таким образом, чтобы он был образован трубой, состоящей, в данном случае для простоты обращения, например, из трех частей, т.е. из трех отдельных сегментов с соответствующими боковыми выемками, которая, как уже отмечалось, имеет диаметр в свету, равный подключаемому трубопроводу, следовательно, согласующийся с номинальным внутренним диаметром  $D_{11}$  измерительного датчика, а также содержит крышки  $7_{1B}$ ,  $7_{1C}$ , закрепленные сбоку на образующей средний сегмент корпуса измерительного датчика трубе, например, приваренные, охватывающие выступающие из среднего сегмента сегменты измерительных труб, являющихся, в частности, одинаково конструктивно выполненными. Из обеих крышек  $7_{1B}$ ,  $7_{1C}$  корпуса, как показано на фиг. 1-4а, например, первая крышка  $7_{1B}$  может быть надета на сегмент первой измерительной трубы, выступающий из измерительного сегмента, служащего на первой стороне несущей конструкцией для трубного устройства и, следовательно, выполненного в виде несущей трубы, и на выступающий на первой стороне из среднего сегмента сегмент второй измерительной трубы, а вторая крышка  $7_{1C}$ , выполненная приблизительно конструктивно одинаковой с первой крышкой, надета на расположенный на второй стороне, противоположной первой стороне, сегмент третьей измерительной трубы, выступающий из среднего сегмента, и на выступающий из среднего сегмента на второй стороне сегмент четвертой измерительной трубы. В результате измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> или образованное ими трубное устройство измерительного датчика 11 оказываются полностью охваченными, как это отчетливо показано на фиг. 1, 2 и 4а, корпусом 7<sub>1</sub> датчика, образованного в данном случае служащим, в частности, несущей трубой средним сегментом и закрепленных на нем сбоку двух крышек. В том случае, когда корпус измерительного датчика образован трубным средним сегментом и закрепленными на нем сбоку крышками, четыре измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> и корпус 7<sub>1</sub> датчика, согласно другому варианту выполнения изобретения, с целью минимизации установочных размеров всего измерительного датчика при взаимном согласовании выполнены с такими размерами, чтобы отношение между внутренними диаметрами несущей трубы и измерительной трубы, определяемое отношением между максимальным внутренним диаметром выполненного в виде несущей трубы среднего сегмента измерительного датчика и диаметром  $D_{18}$  в свету первой измерительной трубы, превышало 3 и/или было менее 5, в частности, менее 4.

Материалом для корпуса 7<sub>1</sub> датчика могут служить стали, например, конструкционная и нержавеющая стали, или же любой другой или обычно применяемый в таких случаях высокопрочный материал. Во многих случаях применения в промышленной измерительной технике, в частности, также и в нефтехимической отрасли, могут удовлетворять требованиям в отношении механической прочности, химической стойкости, а также термическим требованиям измерительные трубы из нержавеющей стали, например, из двухфазной нержавеющей стали, сверхпрочной двухфазной стали

или любой другой (высокопрочной) качественной стали, вследствие чего во многих случаях применения корпус 7<sub>1</sub> датчика, делители 21, 20<sub>2</sub> потока и стенки измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> могут быть выполнены из стали достаточно высокого качества, что, в частности, с учетом стоимости материала и изготовления, а также теплового расширения измерительного датчика 11 в процессе работы является преимуществом. Кроме того, корпус 7<sub>1</sub> датчика целесообразно также выполнить и придать ему такие размеры, чтобы в случае возможных повреждений одной или нескольких измерительных труб, например, растрескивания, вытекающая среда могла полностью удерживаться по возможности длительное время до требуемого максимального избыточного давления внутри корпуса 7<sub>1</sub> датчика, причем такие критические состояния, как это уже упоминалось в приведенном выше US-B 7392709, по возможности в ранний срок регистрируются и сигнализируются соответствующими датчиками давления и/или посредством внутренних рабочих параметров, формируемых упомянутым электронным преобразователем 12 во время работы. Для облегчения транспортировки измерительного датчика и всего образуемого им проточного измерительного прибора могут быть предусмотрены, например, предложенные в упомянутом выше US-B 7350421, расположенные на стороне впуска и стороне выпуска, закрепленные снаружи на корпусе датчика транспортные проушины.

Как уже упоминалось, в измерительном датчике 11 необходимые для измерения силы реакции создают в измеряемой среде посредством, например, синхронного приведения в колебание измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> в активно возбужденном режиме колебаний, так называемом активном режиме. Для возбуждения колебаний измерительных труб, в т.ч. колебаний в активном режиме, измерительный датчик содержит также устройство 5 возбуждения, образованное посредством, по меньшей мере, одного воздействующего на измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> электромеханического, например, электродинамического, возбуждителя колебаний, и предназначенное для приведения каждой измерительной трубы во время работы, по меньшей мере, периодически в состояние необходимых для конкретного измерения колебаний, в частности, изгибных колебаний, в активном режиме с большой амплитудой колебаний, достаточной для образования и регистрации указанных выше сил реакции в среде, и для поддержания таких активных колебаний. По меньшей мере, один возбуждитель колебаний, в частности, образованное им устройство возбуждения, служит для того, чтобы, в частности, преобразовывать электрическую мощность P<sub>exc</sub>, подводимую электронным преобразователем, например, с помощью, по меньшей мере, одного электрического сигнала возбуждения, например, в такие пульсирующие или гармонические силы F<sub>exc</sub> возбуждения, которые воздействуют по возможности одновременно, равномерно, но в противоположном направлении, по меньшей мере, на две измерительных трубы, например, первую и вторую измерительные трубы, при необходимости механически переносятся далее с этих обеих измерительных труб на последующие две измерительных трубы, и таким образом вызывают колебания в активном режиме. Силы F<sub>exc</sub> возбуждения, образованные преобразованием подаваемой в устройство возбуждения электрической мощности P<sub>exc</sub> возбуждения, могут задаваться известным среднему специалисту способом, например, с помощью предусмотренной в электронном преобразователе 12, вырабатывающей сигнал возбуждения рабочей схемы, например, с помощью встроенных в рабочую схему регуляторов тока и/или напряжения в отношении их амплитуды и, например, с помощью также предусмотренной в рабочей схеме фазового регулирующего шлейфа (PLL) в отношении частоты, см.

например, US-A 4801897 или US-B 6311136. Согласно другому варианту выполнения изобретения предусмотрено поэтому, чтобы электронный преобразователь подавал необходимую для образования сил возбуждения электрическую мощность возбуждения в устройство возбуждения с помощью, по меньшей мере, одного электрического сигнала возбуждения, подаваемого в устройство возбуждения, например, по соединительным проводам и/или, по меньшей мере, периодически, и являющегося переменным при частоте, соответствующей собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, например, упомянутого режима V или X. Например, по меньшей мере, один сигнал возбуждения может содержать множество компонентов с различной частотой сигнала, из которых, по меньшей мере, один компонент, например, доминирующий по мощности сигнала, имеет частоту, соответствующую собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, в котором каждая из четырех измерительных труб совершает изгибные колебания, например, упоминавшиеся изгибные колебания первого типа. Также эффективно, чтобы, например, для приведения в соответствие подводимой мощности возбуждения с моментально требуемой для достаточной амплитуды колебаний фактической мощностью, по меньшей мере, один сигнал возбуждения был выполнен переменным в отношении максимального уровня напряжения (амплитуды напряжения), например, таким образом, чтобы по цилиндрической катушке, по меньшей мере, одного возбудителя колебаний протекал ток возбуждения, создаваемый переменным напряжением возбудителя, образуемым упомянутым сигналом возбуждения.

Целью активного возбуждения колебаний измерительных труб является также то, что образованная измерительным датчиком измерительная система должна служить для измерения массового расхода и создавать посредством вибрирующих в активном режиме измерительных труб в текущей среде достаточно большие силы Кориолиса с тем, чтобы в конечном итоге могла создаваться дополнительная, соответствующая режиму колебаний более высокого порядка трубного устройства, так называемому режиму Кориолиса, деформация каждой измерительной трубы с достаточными для измерения амплитудами колебаний. Например, в измерительных трубах 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> могут быть возбуждены с помощью закрепленного на них электромеханического устройства возбуждения, в частности, синхронные изгибные колебания, в частности, с моментальной механической собственной частотой образованного измерительными трубами 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> трубного устройства, при которых они, по меньшей мере, преимущественно имеют боковое отклонение и, как отчетливо явствует для специалиста из фиг.3а, 3б, 6а, 6б, 7а, 7б, могут приводиться в колебания попарно по существу зеркально. Это достигается, в частности, в результате того, что производимые каждой измерительной трубой 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> во время работы одновременные вибрации, по меньшей мере, периодически и/или, по меньшей мере, частично образуются как изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, связывающей первый и второй концы соответствующей измерительной трубы и параллельной упомянутым выше соединительным осям Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub>, при этом четыре оси колебаний в приведенном примере выполнения являются одинаково параллельными между собой и воображаемой продольной оси L всего измерительного датчика, мысленно соединяющей оба делителя потока и проходящей через центр тяжести измерительного датчика. Другими словами, измерительные трубы, как это совершенно обычно для измерительных датчиков вибрационного типа с одной или несколькими изогнутыми измерительными трубами, могут приводиться в колебания соответственно, по меньшей мере, отдельными



участками подобно зажатой на одном конце консоли, т.е. консольные изгибные колебания выполняются относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум из воображаемых соединительных осей  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ . Согласно варианту выполнения изобретения устройство возбуждения выполнено таким образом, что им могут возбуждаться в первой измерительной трубе  $18_1$  и второй измерительной трубе  $18_2$  изгибные колебания, являющиеся зеркальными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, в частности, также симметричными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, в третьей измерительной трубе  $18_3$  и в четвертой измерительной трубе  $18_4$  изгибные колебания, являющиеся зеркальными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, в частности, также симметричными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения. В качестве альтернативы или в дополнение к этому устройство возбуждения, согласно другому варианту выполнения изобретения, выполнено таким образом, что им могут возбуждаться в первой измерительной трубе  $18_1$  и третьей измерительной трубе  $18_3$  изгибные колебания, являющиеся зеркальными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, например, также симметричными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, во второй измерительной трубе  $18_2$  и в четвертой измерительной трубе  $18_4$  изгибные колебания, являющиеся зеркальными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения, например, также симметричными относительно второй воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения.

Согласно еще одному варианту выполнения изобретения в измерительных трубах  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$  во время работы устройством возбуждения 5 возбуждаются в активном режиме, по меньшей мере, частично, в частности, преимущественно изгибные колебания с частотой, которая приблизительно равна моментальной механической резонансной частоте охватывающего четыре измерительные трубы  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$  устройства возбуждения, следовательно, соответствует моментальной собственной частоте трубного устройства в режиме изгибных колебаний, или которая, по меньшей мере, располагается вблизи такой собственной или резонансной частоты. Моментальные механические резонансные частоты изгибных колебаний, как известно, зависят особенно от размера, формы и материала измерительных труб  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$ , а также от моментальной плотности текущей через измерительные трубы среды и являются переменными во время работы измерительного датчика в активной полосе частот шириной в несколько килогерц. При возбуждении моментальной резонансной частоты в измерительных трубах становится возможным, с одной стороны, легко определить на основе моментально возбужденной частоты колебаний среднюю плотность моментально протекающей по четырем измерительным трубам среды. С другой стороны, таким образом можно также минимизировать моментальную электрическую мощность, необходимую для поддержания колебаний в активном режиме. В частности, четыре измерительных трубы  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$ , под действием устройства возбуждения, приводятся в колебания, по меньшей мере, периодически по существу с одинаковой частотой колебаний, в частности, с одной и той же, следовательно, общей, естественной механической собственной частотой. Целесообразно характеристики колебаний образованного четырьмя измерительными трубами  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$  трубного устройства и управляющих им сигналов возбуждения согласовать между собой таким образом,

чтобы, по меньшей мере, возбужденные в активном режиме колебания четырех измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> были образованы такими, чтобы первая и вторая измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, например, подобно двум концам камертона, колебались относительно друг друга по существу зеркально, следовательно, по меньшей мере, в воображаемой плоскости XY поперечного сечения при взаимном смещении по фазе на ок. 180°, а третья и четвертая измерительные трубы 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> колебались относительно друг друга по существу зеркально.

Исследования измерительной системы с измерительным датчиком рассматриваемого типа неожиданно привели к тому, что в качестве активного режима, в т.ч. для определения величины массового расхода и плотности текущей в измерительном датчике среды, пригоден режим колебаний, естественный и присущий трубному устройству, обозначаемый ниже как режим изгибных колебаний первого типа или же как режим V, при котором, как это схематически изображено на фиг.7а, первая и вторая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения зеркальные изгибные колебания относительно статического положения покоя соответствующей измерительной трубы, и при котором третья и четвертая измерительные трубы совершают также зеркальные изгибные колебания относительно статического положения покоя соответствующей измерительной трубы, а именно таким образом, что указанные изгибные колебания первой измерительной трубы относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения также являются зеркальными относительно изгибных колебаний третьей измерительной трубы, и что названные изгибные колебания второй измерительной трубы относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения являются зеркальными относительно изгибных колебаний четвертой измерительной трубы. Зеркальные изгибные колебания первой и второй измерительных труб или третьей и четвертой измерительных труб в режиме V, которые в данном случае образованы в виде консольных изгибных колебаний относительно параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям воображаемой оси колебаний и которые в проекции на плоскость XY поперечного сечения придают трубному устройству периодически V-образный вид (см. фиг.7а), являются при симметричном исполнении трубного устройства и при равномерном протекании через него среды симметричными относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения. Особая пригодность режима V в качестве активного режима для измерительных датчиков с четырьмя изогнутыми измерительными трубами объясняется распределением напряжений в измерительном датчике, являющимся в целом очень оптимальным для характеристик колебаний измерительного датчика, как в пространственном, так и временном отношениях, в частности, на участке обоих делителей потока, а также оптимальными, очень незначительными, вызванными колебаниями деформациями измерительного датчика и, в частности, делителей потока.

Кроме названного выше режима V трубному устройству присущ также обозначенный ниже как режим X естественный режим изгибных колебаний второго типа, при котором, как схематично показано на фиг.7b, первая и вторая измерительные трубы совершают зеркальные изгибные колебания относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения вокруг соответствующего статического положения покоя и при котором третья и четвертая измерительные трубы совершают зеркальные изгибные колебания относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения вокруг соответствующего положения покоя, в отличие от изгибных колебаний в режиме

V, но таким образом, что, относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения, указанные изгибные колебания первой измерительной трубы также являются зеркальными относительно указанных изгибных колебаний четвертой измерительной трубы, и что относительно второй воображаемой плоскости YZ

5 продольного сечения указанные изгибные колебания второй измерительной трубы также являются зеркальными относительно указанных изгибных колебаний третьей измерительной трубы. При симметричном выполнении трубного устройства с равномерно текущей в нем средой изгибные колебания в режиме X, которые в данном случае образованы в виде консольных изгибных колебаний относительно параллельной,

10 по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям воображаемой оси колебаний и которые в проекции на плоскость XY поперечного сечения придают трубному устройству периодически X-образный вид (см. фиг.7b), являются симметричными относительно второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения. Для обеспечения отдельного, заданного возбуждения режима V или режима

15 X в рабочем диапазоне измерительного датчика, являющемся по возможности широким и характеризующемся во время работы меняющимися показателями плотности, массового расхода, температурного распределения и пр., согласно другому варианту выполнения изобретения, трубному устройству, образованному четырьмя измерительными трубами, и образованному им измерительному датчику приданы такие

20 размеры, что собственная частота  $f_{18V}$  режима изгибных колебаний первого типа (режима V), замеренная, например, при полном заполнении трубного устройства водой, отличается от собственной частоты  $f_{18}$  режима изгибных колебаний второго типа (режима X), замеренной при полном заполнении водой трубного устройства или

25 синхронно с собственной частотой  $f_{18X}$  режима изгибных колебаний первого типа (режима V), например, так, что собственная частота  $f_{18V}$ ,  $f_{18X}$  обоих упомянутых режимов изгибных колебаний (режимы V и X) отличаются между собой на 10 Гц и более. В частности, в случае больших номинальных внутренних диаметров, превышающих 150 мм, трубное устройство выполняется таким, чтобы указанная

30 собственная частота  $f_{18V}$  в режиме изгибных колебаний первого типа превышала на 10 Гц указанную собственную частоту  $f_{18X}$  в режиме изгибных колебаний второго типа. Согласно другому варианту выполнения изобретения устройство возбуждения выполнено поэтому таким, что им возбуждаются в первой 18<sub>1</sub> и второй 18<sub>2</sub>

35 измерительных трубах во время работы зеркальные изгибные колебания, в третьей 18<sub>3</sub> и четвертой 18<sub>4</sub> измерительных трубах во время работы также зеркальные изгибные колебания, в частности, соответствующие режиму изгибных колебаний первого типа (режиму V) изгибные колебания с их моментальной собственной частотой  $f_{18V}$  или

40 соответствующие режиму изгибных колебаний второго типа (режиму X) изгибные колебания с их моментальной собственной частотой  $f_{18V}$ , причем последние изгибные колебания являются при необходимости синхронными с соответствующими режиму изгибных колебаний первого типа (режиму V) изгибными колебаниями.

Согласно другому варианту выполнения изобретения, для возбуждения зеркальных изгибных колебаний в первой и второй измерительных трубах и/или в третьей и четвертой измерительных трубах устройство 5 возбуждения образовано посредством,

45 в частности, дифференцированно воздействующего на первую 18<sub>1</sub> и вторую 18<sub>2</sub>

измерительные трубы первого возбудителя  $5_1$  колебаний. Кроме того, предусмотрено, чтобы первым возбудителем  $5_1$  колебаний являлся, в частности, дифференцированно воздействующий, по меньшей мере, на две из измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> возбудитель колебаний электродинамического типа. В соответствии с этим первый возбудитель колебаний  $5_1$  состоит из закрепленного на первой измерительной трубе постоянного магнита и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушки, в частности, подобно устройству с подвижной катушкой, в котором цилиндрическая катушка расположена соосно с постоянным магнитом, выполненным в виде втяжного якоря, подвижно расположенного внутри катушки.

С целью повышения КПД устройства возбуждения или увеличения образуемых им сил возбуждения при одновременно, по возможности, симметричной конструкции устройство возбуждения содержит, согласно варианту развития изобретения, второй возбудитель  $5_2$  колебаний, являющийся, в частности, электродинамическим и/или воздействующим дифференцированно на третью измерительную трубу 18<sub>3</sub> и четвертую измерительную трубу 18<sub>2</sub>. Вторым возбудителем  $5_2$  колебаний выполнен предпочтительно, по меньшей мере, конструктивно одинаковым с первым возбудителем  $5_1$  колебаний и работает по аналогичному принципу действия, например, является электродинамического типа. Согласно другому варианту выполнения второй возбудитель  $5_2$  колебаний образован закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на третьей измерительной трубе цилиндрической катушкой. Оба возбудителя  $5_1$ ,  $5_2$  колебаний устройства 5 возбуждения могут быть предпочтительно соединены электрически последовательно, в частности, таким образом, чтобы совместный сигнал возбуждения возбуждал синхронные колебания измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, например, изгибные колебания, в режиме V и/или режиме X. В частности, в приведенном выше случае, когда изгибные колебания в режиме V и изгибные колебания в режиме X должны активно возбуждаться посредством обоих возбудителей  $5_1$ ,  $5_2$  колебаний, для возбудителей  $5_1$ ,  $5_2$  колебаний могут быть выбраны такие размеры и они могут быть размещены на трубном устройстве таким образом, что в результате коэффициент передачи первого возбудителя  $5_1$  колебаний, определяемый отношением между подаваемой в него электрической мощностью возбуждения и силой возбуждения, воздействующей на образованные им колебания измерительной трубы, по меньшей мере, в пределах включающей в себя режим V и режим X полосы частот, отличается от коэффициента передачи второго возбудителя  $5_2$  колебаний, определяемого отношением между подаваемой к нему электрической мощностью возбуждения и силой возбуждения, создаваемой колебаниями измерительных труб, например, таким образом, что названные коэффициенты передачи отличаются между собой на 10% и более. Это позволяет также производить, например, раздельное возбуждение режима V и режима X, в частности, при последовательном соединении обоих возбудителей  $5_1$ ,  $5_2$  колебаний и/или питание этих обоих возбудителей колебаний с помощью одного общего сигнала возбуждения, при этом оно может очень просто достигаться в случае с электромагнитными возбудителями  $5_1$ ,  $5_2$  колебаний, например, в результате применения цилиндрических катушек с разными полными сопротивлениями или разным количеством

витков и/или постоянных магнитов разных размеров или из разных магнитных материалов. Здесь необходимо дополнительно отметить, что, несмотря на воздействие возбудителя колебаний или возбудителей колебаний в приведенном примере выполнения приблизительно по середине соответствующих измерительных труб в качестве альтернативы или в дополнение могут также применяться на стороне впуска и стороне выпуска воздействующие на соответствующую измерительную трубу возбудители колебаний, например, подобные устройства возбуждения, предложенным в US-A 2823614, US-A 4831885 или US-A 2003/0070495.

Как явствует из фиг. 2, 4a, 4b, 5a, 5b и как это принято для измерительных датчиков рассматриваемого типа, в измерительном датчике 11 также предусмотрено наличие, например, электродинамического сенсорного устройства 19, реагирующего на вибрации, в частности, на стороне впуска и стороне выпуска, в частности, на возбуждаемые устройством 5 возбуждения изгибные колебания измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, и образующего сигналы, отображающие вибрации, в частности, изгибные колебания, измерительных труб, на которые, например, одновременно влияет в отношении частоты, амплитуды сигнала и/или фазового положения - относительно друг друга и/или относительно сигнала возбуждения - регистрируемая измеряемая величина, например, величина массового расхода и/или плотность или вязкость среды.

Согласно другому варианту выполнения изобретения сенсорное устройство образовано, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим, по меньшей мере, колебания первой измерительной трубы 18<sub>1</sub> относительно второй измерительной трубы 18<sub>2</sub>, расположенным на стороне впуска первым датчиком 19<sub>1</sub> колебаний, а также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим, по меньшей мере, колебания первой измерительной трубы 18<sub>1</sub> относительно второй измерительной трубы 18<sub>2</sub>, расположенным на стороне выпуска вторым датчиком 19<sub>2</sub> колебаний, которые (датчики колебаний) формируют первый и второй сигналы колебаний в виде реакции на движения измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, в частности, на их боковые отклонения и/или деформации. Достигается это, в частности, за счет того, что, по меньшей мере, два из образованных сенсорным устройством 19 сигналов колебаний имеют встречное смещение по фазе, которое соответствует моментальной величине массового расхода текущей по измерительным трубам среды или зависит от нее, а также имеют частоту сигнала, которая зависит от моментальной плотности текущей по измерительным трубам среды. Оба, например, конструктивно одинаково выполненных датчика 19<sub>1</sub>, 19<sub>2</sub> колебаний могут быть расположены, как это обычно принято для измерительных датчиков рассматриваемого типа, по существу равноудаленными от первого возбудителя 5<sub>1</sub> колебаний в измерительном датчике 11. Кроме того датчики колебаний сенсорного устройства 19 могут быть выполнены конструктивно одинаковыми, по меньшей мере, с одним возбудителем колебаний устройства 5 колебаний настолько, что они работают по аналогичному принципу, например, являются электродинамического типа. Согласно варианту развития изобретения сенсорное устройство 19 образовано также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания третьей измерительной трубы 18<sub>3</sub> относительно четвертой измерительной трубы 18<sub>4</sub>, расположенным на стороне впуска третьим датчиком 19<sub>3</sub> колебаний, а также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания

третьей измерительной трубы 18<sub>3</sub> относительно четвертой измерительной трубы 18<sub>4</sub>, расположенным на стороне выпуска четвертым датчиком 19<sub>4</sub> колебаний. Для дополнительного повышения качества сигналов и для упрощения принимающего измерительные сигналы электронного преобразователя 12 первый и третий датчики 19<sub>1</sub>, 19<sub>3</sub> могут быть последовательно электрически соединены между собой, например, таким образом, чтобы общий сигнал колебаний отображал общие, происходящие на стороне впуска колебания первой и третьей измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>3</sub> относительно второй и четвертой измерительных труб 18<sub>2</sub>, 18<sub>4</sub>. В качестве альтернативы или в дополнение второй и четвертый датчики 19<sub>2</sub>, 19<sub>4</sub> колебаний могут быть электрически последовательно соединены между собой, чтобы общий сигнал колебаний обоих датчиков 19<sub>2</sub>, 19<sub>4</sub> отображал совместные, совершаемые на стороне выпуска колебания первой и третьей измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>3</sub> относительно второй и четвертой измерительных труб 18<sub>2</sub>, 18<sub>4</sub>.

В приведенном выше случае, когда, в частности, конструктивно одинаково выполненные датчики колебаний сенсорного устройства 19 должны регистрировать колебания измерительных труб дифференцированным или электродинамическим способом, первый датчик 19<sub>1</sub> колебаний образован, в данном случае на участке регистрируемых на стороне впуска колебаний, расположенным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, в данном случае также на участке регистрируемых на стороне впуска колебаний, закрепленной на второй измерительной трубе цилиндрической катушкой, второй датчик 19<sub>2</sub> колебаний образован, на участке регистрируемых на стороне выпуска колебаний, закрепленным на первой измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе, в данном случае также на участке регистрируемых на стороне выпуска колебаний, цилиндрической катушкой. Также могут быть образованы предусмотренный при необходимости третий датчик 19<sub>3</sub> колебаний соответственно закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной трубе цилиндрической катушкой, и при необходимости предусмотренный четвертый датчик 19<sub>4</sub> колебаний - закрепленным на третьей измерительной трубе постоянным магнитом и пронизываемой его магнитным полем, закрепленной на четвертой измерительной трубе цилиндрической катушкой.

Здесь необходимо подчеркнуть, что хотя в сенсорном устройстве 19 в приведенном примере выполнения применяются датчики колебаний электродинамического типа, т.е. датчики колебаний, состоящие из закрепленной на одной из измерительных труб цилиндрической магнитной катушки и втягиваемого в нее, закрепленного на противоположащей измерительной трубе постоянного магнита, однако могут применяться и другие известные среднему специалисту, например, оптоэлектронные датчики колебаний для образования сенсорного устройства. Кроме того, как это принято для измерительных датчиков рассматриваемого типа, дополнительно к датчикам колебаний могут быть предусмотрены другие, в частности, регистрирующие вспомогательные величины или возмущающие воздействия датчики внутри измерительного датчика, например, датчики ускорения для регистрации перемещений всей измерительной системы под действием наружных сил и/или асимметрии трубного устройства, тензометрические датчики для регистрации удлинения одной или нескольких измерительных труб и/или

корпуса измерительного датчика, датчики давления для регистрации статического давления в корпусе измерительного датчика и/или температурные датчики для регистрации температуры одной или нескольких измерительных труб и/или корпуса измерительного датчика, с помощью которых, например, могут контролироваться и при необходимости соответственно компенсироваться эксплуатационная надежность измерительного датчика и/или изменения чувствительности измерительного датчика к первично регистрируемым измеренным величинам, в частности, величине массового расхода и/или плотности, вследствие чувствительности в поперечном направлении или наружных помех. Для гарантии по возможности высокой чувствительности измерительного датчика в отношении массового расхода, согласно другому варианту выполнения изобретения, измерительные трубы и датчики колебаний располагаются в измерительном датчике таким образом, чтобы мерная длина  $L_{19}$  измерительного датчика, соответствующая замеренному по линии изгиба первой измерительной трубы расстоянию между первым датчиком 19<sub>1</sub> колебаний и вторым датчиком 19<sub>2</sub> колебаний, составляла более 500 мм, в частности, более 600 мм. Для создания по возможности компактного, тем не менее, по возможности чувствительного к массовому расходу измерительного датчика, согласно другому варианту выполнения изобретения, датчики 19<sub>1</sub>, 19<sub>2</sub> колебаний, согласованные с монтажной длиной  $L_{11}$  измерительного датчика, расположены в последнем таким образом, что отношение  $L_{19}/L_{11}$  между мерной длиной и монтажной длиной измерительного датчика, определяемое через отношение между мерной длиной и монтажной длиной измерительного датчика, составляет более 0,3, в частности, более 0,4 и/или менее 0,7. В качестве альтернативы или в дополнение датчики колебаний, согласно другому варианту выполнения изобретения, согласованные с измерительными трубами, так расположены в измерительном датчике, что отношение «диаметр в свету / мерная длина»,  $D_{18}/L_{19}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром  $D_{18}$  в свету первой измерительной трубы и упомянутой мерной длиной  $L_{19}$  измерительного датчика, составляет более 0,05, в частности, более 0,09.

Кроме того, сенсорное устройство 19, как это принято в таких измерительных датчиках, соединено с измерительной схемой, соответственно предусмотренной в электронном преобразователе и образованной, например, по меньшей мере, одним микропроцессором и/или, по меньшей мере, одним цифровым процессором обработки сигналов, например, беспроводным способом посредством соединительных линий. Измерительная схема принимает сигналы колебаний сенсорного устройства 19 и на их основе формирует, при необходимости, также с учетом подведенной в устройство возбуждения с помощью, по меньшей мере, одного сигнала возбуждения и преобразованной в нем электрической мощности возбуждения упомянутые выше измеряемые величины, которые отображают, например, величину массового расхода, суммарный массовый расход и/или плотность, и/или вязкость измеряемой среды, и которые при необходимости индицируются по месту и/или передаются в систему обработки цифровых измерительных данных, являющуюся главной по отношению к измерительной системе, и могут быть там дополнительно обработаны. В частности, измерительная схема и, следовательно, образованный ею электронный преобразователь предусмотрены и выполнены для того, чтобы на основе преобразованной в устройстве возбуждения электрической мощности возбуждения можно было формировать, например, периодически или по запросу отображающую вязкость текущей среды измеряемую величину и/или на основе выданных измерительным датчиком сигналов

колебаний можно было формировать, например, периодически и/или по запросу измеряемую величину, отображающую величину массового расхода текущей среды, и/или формировать, например, периодически и/или по запросу измеряемую величину, отображающую плотность текущей среды.

5 Приведенное выше применение дифференцированно действующих возбудителей колебаний или датчиков колебаний имеет также то преимущество, что при эксплуатации измерительного датчика по изобретению могут применяться такие измерительные и рабочие схемы, которые, например, уже широко применяются в обычных приборах Кориолиса для измерения массового расхода и плотности.

10 Электронный преобразователь 12 вместе с находящейся в нем измерительной и рабочей схемой может быть расположен, например, в отдельном корпусе 7<sub>2</sub> электронного преобразователя, располагаемом на удалении от измерительного датчика, или, как показано на фиг. 1, может быть закреплен, с образованием единого компактного прибора, непосредственно на измерительном датчике 1, например, снаружи на корпусе 15 7 измерительного датчика. Поэтому в приведенном здесь примере выполнения на корпусе 7<sub>1</sub> измерительного датчика закреплен переходник в виде горлышка, служащий для крепления корпуса 7<sub>2</sub> электронного преобразователя. Внутри переходника может располагаться герметичный ввод, выполненный, например, заливкой стекла и/или 20 пластмассы и предназначенный для электрических соединительных линий между измерительным датчиком 11, в частности, расположенными в нем возбудителями колебаний и датчиками, и упомянутым электронным преобразователем 12.

Как уже неоднократно упоминалось, проточный измерительный прибор и, следовательно, измерительный датчик 11, в частности, для измерения большого 25 массового расхода, составляющего более 1000 т/ч, предусмотрен для применения внутри трубопровода диаметром в свету более 250 мм. С учетом этого, согласно другому варианту выполнения изобретения, номинальный внутренний диаметр измерительного датчика 11, соответствующий, как уже упоминалось, диаметру в свету трубопровода, в который вставляется измерительный датчик, выбирается таким образом, чтобы он 30 составлял более 50 мм, в частности, более 100 мм. Согласно другому варианту выполнения измерительного датчика предусмотрено, чтобы каждая измерительная труба 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> имела диаметр D<sub>18</sub> в свету, соответствующий внутреннему диаметру трубы и составляющий более 40 мм. В частности, измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> дополнительно выполнены таким образом, что каждая из них имеет диаметр 35 D<sub>18</sub> в свету более 60 мм. В качестве альтернативы или в дополнение измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, согласно другому варианту выполнения изобретения, имеют такую размерность, при которой их длина L<sub>18</sub> составляет, по меньшей мере, 1000 мм. Длина L<sub>18</sub> измерительной трубы соответствует в приведенном здесь примере выполнения 40 одинаково длинных измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> длине участка изогнутой линии первой измерительной трубы, находящегося между первым проточным отверстием первого делителя потока и первым проточным отверстием второго делителя потока. В частности, измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> выполнены при этом таким образом, 45 что их длина L<sub>18</sub> составляет более 1200 мм. В соответствии с этим, по меньшей мере, в упомянутом случае измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> изготавливают из стали при толщине стенки обычно более 1 мм и при массе не менее 20 кг, в частности более 30 кг. Также желательно, чтобы собственная масса измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> была



менее 50 кг.

Ввиду того что, как уже упоминалось, каждая измерительная труба 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> измерительного датчика по изобретению весит значительно более 20 кг и при этом, как это следует из приведенных выше данных измерения, вместимость может составлять 5 10 л и более, то охватывающее четыре измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> трубное устройство может весить, по меньшей мере, с учетом текущей среды высокой плотности в целом значительно более 80 кг. Особенно в случае применения измерительных труб со сравнительно большим диаметром D<sub>18</sub> в свету, большой толщиной стенки и большой 10 длиной L<sub>18</sub> измерительной трубы масса образованного четырьмя измерительными трубами 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> трубного устройства может достигать значительно более 100 кг или, по меньшей мере, с учетом текущей среды, например, нефти или воды, более 120 кг. Вследствие этого собственная масс M<sub>11</sub> измерительного датчика составляет в 15 целом значительно более 200 кг при номинальном внутреннем диаметре D<sub>11</sub>, значительно превышающем 250 мм, даже более 300 кг. В результате в измерительном датчике согласно изобретению отношение M<sub>11</sub>/M<sub>18</sub> между собственной массой M<sub>11</sub> всего измерительного датчика и собственной массой M<sub>18</sub> первой измерительной трубы составляет более 10, в частности, более 15. Для того чтобы при упомянутой большой 20 собственной массе M<sub>11</sub> измерительного датчика можно было в целом оптимально применить материал, в большинстве случаев, это - дорогостоящий материал, и, следовательно, обеспечить по возможности большую эффективность, согласно другому варианту выполнения изобретения, для номинального внутреннего диаметра D<sub>11</sub> 25 измерительного датчика, после согласования с его собственной массой M<sub>11</sub>, выбирается такая величина, чтобы отношение между массой и номинальным внутренним диаметром M<sub>11</sub>/D<sub>11</sub> измерительного датчика 11, определяемое отношением между собственной 30 массой M<sub>11</sub> измерительного датчика 11 и номинальным внутренним диаметром D<sub>11</sub> измерительного датчика, составляло менее 2 кг/мм, в частности, по возможности менее 1 кг/мм. В целях обеспечения достаточно большой стабильности измерительного датчика 11 отношение M<sub>11</sub>/D<sub>11</sub> между массой и номинальным внутренним диаметром 35 измерительного датчика следует выбирать, по меньшей мере, при использовании указанных выше традиционных материалов, составляющее по возможности более 0,5 кг/мм. Согласно другому варианту выполнения изобретения, для повышения эффективности применяемого материала предусмотрено, чтобы указанное отношение масс, M<sub>11</sub>/M<sub>18</sub>, поддерживалось на уровне менее 25. Для создания, тем не менее, по 40 возможности компактного измерительного датчика с достаточно высоким качеством колебаний и по возможности незначительным падением давления, согласно другому варианту выполнения, размер измерительных труб, согласованных с упомянутой выше монтажной длиной L<sub>11</sub> измерительного датчика 11, выбирается с таким расчетом, чтобы 45 отношение между диаметром в свету и монтажной длиной, D<sub>18</sub>/L<sub>11</sub>, измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром D<sub>18</sub> в свету, по меньшей мере, первой измерительной трубы и монтажной длиной L<sub>11</sub> измерительного датчика 11, составляло более 0,02, в частности, более 0,05, и/или менее 0,09, в частности, менее 0,07. В качестве альтернативы или в дополнение размер измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, согласованных с приведенной выше монтажной длиной L<sub>11</sub> измерительного датчика,

выбран таким образом, чтобы отношение между длиной измерительной трубы и монтажной длиной,  $L_{18}/L_{11}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между приведенной выше длиной  $L_{18}$ , по меньшей мере, первой измерительной трубы и монтажной длиной  $L_{11}$  измерительного датчика, составляло более 0,7, в частности, более 0,8 и/или менее 1,2.

Для задания характеристик колебаний трубного устройства, а также по возможности для простого и эффективного разделения между упомянутыми режимами V и X в отношении их собственных частот  $f_{18V}$ ,  $f_{18X}$ , с одной стороны, и для улучшения

механической связи между четырьмя измерительными трубами для выравнивания синхронно производимых ими колебаний, по меньшей мере, изгибных колебаний, в активном режиме, например, также обусловленной монтажными допусками неравномерности, измерительный датчик содержит согласно другому варианту выполнения изобретения элемент связи 24<sub>1</sub> первого типа, удаленный как от первого

делителя потока, так и от второго делителя потока, закрепленный на стороне впуска на каждой из четырех измерительных труб, например, содержащий основание по существу X-образной формы или, как показано на фиг. 4а и 4b, основание H-образной формы и предназначенный для задания собственных частот естественных режимов колебания трубного устройства, а также второй элемент связи 24<sub>1</sub>, первого типа,

удаленный как от первого делителя потока, так и от второго делителя потока, закрепленный на стороне выпуска на каждой из четырех измерительных труб, например, выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом связи 24<sub>2</sub>, содержащий

при необходимости основание по существу X-образной формы или основание H-образной формы и предназначенный для задания собственных частот естественных режимов колебания трубного устройства. Каждый из обоих элементов связи первого

типа может быть при этом выполнен и закреплен на измерительных трубах таким образом, что в проекции на упомянутую воображаемую плоскость XY поперечного сечения измерительного датчика он будет иметь X-образную форму, или что, как

показано на фиг. 4а и 4b, в проекции на указанную плоскость XY поперечного сечения будет иметь H-образную форму. Элементы связи 24<sub>1</sub> первого типа могут быть, например, образованы пластинчатыми субэлементами или, как схематически показано на фиг. 4а,

4b, состоять из монолитного штампованного изогнутого элемента. Оба элемента связи первого типа в показанном на фиг. 4а, 4b, 5а, 5b примере выполнения выполнены и

расположены на измерительных трубах так, что они по существу симметричны относительно упомянутой первой воображаемой плоскости XZ продольного сечения измерительного датчика или относительно упомянутой второй воображаемой плоскости YZ продольного сечения измерительного датчика, и, следовательно, первая

воображаемая плоскость XZ продольного сечения и/или вторая воображаемая плоскость YZ продольного сечения являются также плоскостью симметрии для каждого из обоих элементов связи первого типа. Кроме того, оба элемента связи первого типа являются

предпочтительно симметричными относительно упомянутой воображаемой плоскости XY поперечного сечения измерительного датчика и, следовательно, расположены в измерительном датчике на равном удалении от плоскости XY поперечного сечения и

параллельно. При необходимости, например, в том случае, когда измерительный датчик предусмотрен для измерения экстремально горячих сред или для измерения при колебаниях рабочей температуры в широком диапазоне, например, вследствие периодически проводимых по месту операций очистки измерительного датчика (cleaning

in process, sterilizing in process etc.) и, следовательно, можно ожидать значительные тепловые расширения измерительных труб, элементы связи 24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub> первого типа могут быть также выполнены таким образом, что они будут по существу одинаково расширяться, что и подключенные через них измерительные трубы, и/или что они являются, по меньшей мере, достаточно гибкими по отношению к силам, действующим в направлении к проходящей через наивысшие точки обеих, соединенных между собой соответствующими элементами связи второго типа измерительных труб, совпадающей с упомянутой воображаемой вертикальной осью Н или параллельной ей линией действия. Последняя может быть реализована, например, выполненными в соответствующем элементе связи и расположенными по существу перпендикулярно указанной линии действия шлицами. В качестве альтернативы или в дополнение к выполненным в элементах связи шлицам, согласно другому варианту выполнения изобретения, каждый из обоих элементов связи первого типа, в целях достижения достаточной гибкости в направлении воображаемой вертикальной оси Н, как это показано на фиг. 4а, 4b, 5а, 5b, выполнен дугообразным. Это достигается, в частности, за счет того, что каждый из обоих элементов связи первого типа, как показано на фиг. 4а, 4b, 5а, 5b, выполнен выпуклым относительно проходящей между элементами связи 21, 24<sub>2</sub> воображаемой плоскости ХУ поперечного сечения - если смотреть от плоскости ХУ поперечного сечения - по меньшей мере на отдельных участках. В результате становится возможным незначительное изменение относительного расстояния между измерительными трубами, например, вследствие теплового расширения, а именно при значительном предупреждении увеличения механических напряжений, существенно влияющих на характеристики колебаний трубного устройства.

При необходимости, механические напряжения и/или вибрации, вызываемые вероятно или, по меньшей мере, потенциально вибрирующими измерительными трубами, в частности, относительно большого размера на стороне впуска или стороне выпуска в корпусе измерительного датчика, могут быть минимизированы, например, за счет того, что четыре измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> могут быть соединены механически попарно на стороне впуска и стороне выпуска с помощью элементов связи, называемых ниже элементами связи второго типа, в виде так называемых узловых пластин. Кроме того, с помощью таких элементов связи второго типа, будь то посредством выбора размеров и/или их позиционирования на измерительных трубах, можно в целом целенаправленно воздействовать на механические собственные частоты измерительных труб и, следовательно, на механические собственные частоты образованного измерительными трубами трубного устройства, включая и размещенные на них другие компоненты измерительного датчика, а также на естественную собственную частоту их режимов V и X и, следовательно, также на характеристики колебаний измерительного датчика. Служащими в качестве узловых пластин элементами связи второго типа могут быть, например, тонкие, в частности, изготовленные из того же или подобного материала, что и материал измерительных труб, пластины или диски, снабженные отверстиями, количество и наружные размеры которых соответствуют сопрягаемым между собой измерительным трубам, при необходимости имеющие шлицы в направлении к краю, в результате чего диски сначала насаживают на соответствующие измерительные трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub> или 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> и, при необходимости, затем неразъемно соединяют с соответствующей измерительной трубой, например, высокотемпературной пайкой или сваркой.

Согласно другому варианту выполнения изобретения трубное устройство содержит,

например, пластинчатый первый элемент связи  $25_1$  второго типа, который, как показано на фиг.4а, 5а, 5b, 6а, для образования на стороне впуска узлов колебаний, по меньшей мере, для вибраций, в частности, изгибных колебаний, например, в упомянутом режиме V, первой измерительной трубы и для образования зеркальных по отношению к ним  
5 вибраций второй измерительной трубы закреплен на удалении от первого делителя потока на стороне впуска на первой и второй измерительных трубах, а также конструктивно одинаково выполненный с первым элементом связи второй элемент связи  $25_2$  второго типа, который для образования на стороне выпуска узлов колебаний,  
10 в частности для изгибных колебаний, следовательно, в режиме V или X, первой измерительной трубы  $18_1$  и для образования зеркальных по отношению к ним вибраций второй измерительной трубы  $18_1$  удален от второго делителя  $20_2$  потока и закреплен на стороне выпуска на второй измерительной трубе  $18_2$ . Также трубное устройство содержит для образования на стороне впуска узлов колебаний для вибраций, в частности,  
15 изгибных колебаний, третьей измерительной трубы и зеркальных по отношению к ним вибраций четвертой измерительной трубы третий элемент связи  $25_3$  являющийся также пластинчатым или выполненным конструктивно одинаковым с первым элементом связи  $25_1$  второго типа и закрепленный на удалении от первого делителя потока на  
20 стороне впуска на третьей и четвертой измерительных трубах, а также выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом связи  $25_1$  второго типа четвертый элемент связи  $25_4$  второго типа, который для образования на стороне выпуска узлов колебаний для вибраций, например, изгибных колебаний, третьей измерительной трубы и для образования зеркальных по отношению к ним вибраций четвертой измерительной  
25 трубы удален от второго делителя потока и закреплен на стороне выпуска на третьей и четвертой измерительных трубах.

Согласно другому варианту выполнения изобретения четыре названных выше элемента связи  $25_1$ ,  $25_2$ ,  $25_3$ ,  $25_4$  второго типа, как показано на фиг. 4а, 4b, 5а, 5b, 6а, 6b, закреплены только на двух, и никаких других, измерительных трубах, в результате  
30 чего первый и второй элементы связи  $25_1$ ,  $25_2$  второго типа крепятся только на первой и второй измерительных трубах, третий и четвертый элементы связи  $25_3$ ,  $25_4$  второго типа - на третьей и четвертой измерительных трубах. В результате трубное устройство и, следовательно, измерительный датчик изготавливаются, например, таким образом,  
35 что сначала первый и второй элементы связи  $25_1$ ,  $25_2$  второго типа закрепляются на (будущих) первой и второй измерительных трубах  $18_1$ ,  $18_2$  с образованием первого пакета измерительных труб, третий и четвертый элементы связи  $25_3$ ,  $25_4$  второго типа соответственно на (будущих) третьей и четвертой измерительных трубах  $18_3$ ,  $18_4$  с  
40 образованием второго пакета измерительных труб. Таким образом, становится возможным сплотить оба пакета измерительных труб позже, например, непосредственно перед или после вставления обоих пакетов измерительных труб в упомянутый трубчатый средний сегмент  $7_{1A}$  (будущего) корпуса измерительного датчика, путем соответствующего крепления первого и второго элементов связи  $24_1$ ,  $24_2$  первого типа  
45 на каждом из обоих пакетов измерительных труб временно, по меньшей мере, на одной из измерительных труб  $18_1$ ,  $18_2$  одного пакета измерительных труб и, по меньшей мере, на одной из измерительных труб  $18_3$ ,  $18_4$  другого пакета измерительных труб для образования трубного устройства. Это имеет то преимущество, в частности, и в

упомянутом случае, в котором предусмотрен измерительный датчик для больших номинальных внутренних диаметров, превышающих 100 мм, несмотря на относительно большие размеры своих компонентов, следовательно, трубного устройства, корпуса измерительного датчика, делителей потока и пр., что на протяжении преобладающей части всего процесса изготовления измерительного датчика несколько выступающим трубным устройством приходится пользоваться в целом только в относительно поздний момент времени. Кроме того, в результате становится возможным использование такого трубного устройства, которое до настоящего времени применялось в обычных измерительных датчиках с двойным трубным устройством, что значительно сокращает стоимость изготовления и складирования. При необходимости элементы связи 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>, 25<sub>3</sub>, 25<sub>4</sub> могут быть закреплены соответствующим образом на всех четырех измерительных трубах, например, в том случае, когда измерительный датчик рассчитан на относительно небольшие номинальные внутренние диаметры, составляющие 50 мм и менее.

В приведенном здесь примере выполнения первый элемент связи 25<sub>1</sub> второго типа закреплен как на трубном сегменте первой измерительной трубы 18<sub>1</sub> на стороне впуска, расположенном между первым делителем 20<sub>1</sub> потока и первым элементом связи 24<sub>1</sub> первого типа, изогнутого на отдельных участках, так и на трубном сегменте второй измерительной трубы 18<sub>2</sub> на стороне впуска, расположенном между первым делителем 20<sub>1</sub> потока и первым элементом связи 24<sub>1</sub> первого типа, второй элемент связи 25<sub>2</sub> второго типа закреплен как на трубном сегменте первой измерительной трубы 18<sub>1</sub> на стороне выпуска, расположенном между вторым делителем 20<sub>1</sub> потока и вторым элементом связи 24<sub>1</sub> первого типа, в данном случае также изогнутого на отдельных участках, так и на трубном сегменте второй измерительной трубы 18<sub>2</sub> на стороне выпуска, расположенном также между вторым делителем 20<sub>2</sub> потока и вторым элементом связи 24<sub>2</sub> второго типа. Аналогично третий элемент связи 25<sub>3</sub> второго типа закреплен как на трубном сегменте третьей измерительной трубы 18<sub>3</sub> на стороне впуска, расположенном между первым делителем 20<sub>2</sub> потока и первым элементом связи 24<sub>2</sub> первого типа, в данном случае также изогнутом на отдельных участках, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы 18<sub>4</sub> на стороне впуска, также расположенном между первым делителем 20<sub>2</sub> потока и первым элементом связи 24<sub>1</sub> первого типа, четвертый элемент связи 25<sub>4</sub> второго типа расположен как на трубном сегменте третьей измерительной трубы 18<sub>3</sub> на стороне впуска, расположенном между вторым делителем 20<sub>2</sub> потока и вторым элементом связи 24<sub>2</sub> первого типа, также изогнутом на отдельных участках, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы 18<sub>4</sub> на стороне выпуска, расположенном также между вторым делителем 20<sub>2</sub> потока и вторым элементом связи 24<sub>1</sub> первого типа. В частности, при этом, как это видно на фиг.4а, 4б, 5а, 5б, по меньшей мере, первый и четвертый элементы связи второго типа расположены параллельно между собой, при этом, по меньшей мере, второй и третий элементы связи второго типа расположены также параллельно между собой. Каждый из четырех названных выше, в частности, конструктивно одинаково выполненных элементов связи 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> второго типа выполнен согласно другому варианту выполнения изобретения пластинчатой формы, например, таким образом, что он имеет четырехугольное или,

как показано на фиг. 4а, 4б, овальное основание. Как показано на фиг.4а, 4б, 5а, 5б, четыре элемента связи  $24_1, 24_2, 24_3, 24_4$  могут быть также выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что они будут симметричными относительно воображаемой плоскости  $YZ$  продольного сечения и что они будут располагаться попарно симметрично относительно воображаемой плоскости  $XZ$  продольного сечения и относительно воображаемой плоскости  $XY$  поперечного сечения, в результате чего центр тяжести каждого элемента связи второго типа будет находиться на одинаковом расстоянии от центра тяжести трубного устройства. Для более простого и точного задания характеристики колебаний также предпочтительно, чтобы измерительный датчик, как это предложено, например, в US-A 2006/0150750 и показано на фиг.4а, 4б, 5а, 5б, имел дополнительные, действующие в качестве узловых пластин элементы связи указанного выше типа, например, в целом 8 или 12 элементов связи второго типа.

Как схематически показано на фиг.5а, 5б, форму каждой измерительной трубы вместе с минимальным расстоянием между первым и вторым элементами связи второго типа, следовательно, при использовании 8 и более элементов связи, определяют расположенные наиболее близко к центру тяжести трубного устройства на стороне впуска и стороне выпуска, внутренние элементы связи второго типа и соответственно длина  $L_{18x}$  активной колеблющейся части каждой измерительной трубы. Длина  $L_{18x}$  активной колеблющейся части соответствует при этом, как схематически показано на фиг. 5а, 5б, длине расположенного между обоими элементами связи  $25_1, 25_2$  второго типа участка изогнутой линии указанной измерительной трубы, причем согласно другому варианту выполнения изобретения элементы связи второго типа расположены в измерительном датчике таким образом, что длина активной колеблющейся части каждой из измерительных труб  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$  составляет менее 3000 мм, в частности, менее 2500 мм, и/или более 800 мм. В качестве альтернативы или в дополнение также предусмотрено, чтобы измерительные трубы были выполнены таким образом, а элементы связи второго типа расположены таким образом, чтобы все четыре измерительных трубы  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$  имели в итоге одинаковую длину  $L_{18x}$  активной колеблющейся части. Согласно другому варианту выполнения изобретения первая и вторая измерительные трубы являются между собой параллельными, по меньшей мере, на участке, расположенном между первым элементом связи второго типа и вторым элементом связи второго типа, т.е. соответствующем длине активной колеблющейся части, а третья и четвертая измерительные трубы параллельным между собой, по меньшей мере, на участке, расположенном между третьим элементом связи второго типа и четвертым элементом связи второго типа, т.е. соответствующем длине активной колеблющейся части.

Согласно другому варианту выполнения изобретения для создания по возможности компактного измерительного датчика с достаточно высоким качеством колебаний и высокой чувствительностью по возможности при низком падении давления размер измерительных труб  $18_1, 18_2, 18_3, 18_4$ , согласованных с упомянутой длиной активной колеблющейся части, выбран с таким расчетом, чтобы отношение между диаметром в свету и длиной активной колеблющейся части,  $D_{18}/L_{18x}$ , измерительного датчика, определяемое отношением диаметра в свету первой измерительной трубы к длине  $L_{18x}$  активной колеблющейся части первой измерительной трубы, составляло более 0,03, в частности, более 0,05, и/или менее 0,15. В качестве альтернативы или в дополнение, согласно другому варианту выполнения изобретения, размер измерительных труб  $18_1$

, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, согласованных с приведенной выше монтажной длиной  $L_{11}$  измерительного датчика, выбирается с таким расчетом, чтобы отношение между длиной активной колеблющейся части и монтажной длиной,  $L_{18x}/L_{11}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между длиной  $L_{18x}$  активной колеблющейся части первой измерительной трубы и монтажной длиной  $L_{11}$  измерительного датчика, составляло более 0,55, в частности, более 0,6, и/или менее 1,5. Согласно другому варианту выполнения изобретения датчики колебаний, согласованные с длиной активной колеблющейся части, расположены в измерительном датчике таким образом, чтобы отношение между мерной длиной и длиной колеблющейся части,  $L_{19}/L_{18x}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между упомянутой мерной длиной  $L_{19}$  измерительного датчика и длиной  $L_{18x}$  первой мерной длины, составляло более 0,3, в частности, более 0,4, и/или менее 0,95. В остальном, мерная длина  $L_{19}$  и/или отношение между мерной длиной и длиной колеблющейся части,  $L_{19}/L_{18x}$ , могут быть точно определены посредством критериев, предложенных в собственных, не опубликованных международных заявках РСТ/ЕР 2010/058797, РСТ/ЕР 2010/058799, и предназначенных для более точного определения оптимальных измеряемых длин или оптимальной длины колеблющейся части измерительных датчиков вибрационного типа.

Для снижения вероятной чувствительности в поперечном направлении измерительного датчика к давлению, в частности, по возможности при большом соотношении между номинальным внутренним диаметром и монтажной длиной,  $D_{11}/L_{11}$ , превышающем 0,1, и по возможности при низком соотношении между длиной колеблющейся части и монтажной длиной,  $L_{18x}/L_{11}$ , составляющем менее 1,5, могут эффективно применяться кольцевые элементы жесткости на измерительных трубах, из которых каждый такой элемент размещается на одной из измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> таким образом, чтобы он охватывал трубу по воображаемой, в частности, круговой окружности, см. также упомянутый ранее документ US-B 6920798. В частности, при этом предпочтительно, чтобы на каждой из измерительных труб 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub> располагались, по меньшей мере, четыре таких, в частности, выполненных конструктивно одинаковыми элемента жесткости. Элементы жесткости могут быть при этом размещены в измерительном датчике 11 таким образом, чтобы два из них располагались на одной измерительной трубе, смежные элементы жесткости имели зазор между собой, составляющий, по меньшей мере, 70% от наружного диаметра этой измерительной трубы, но не более 150% того же наружного диаметра. Особенно эффективен при этом зазор между смежными элементами жесткости, составляющий от 80 до 120% от наружного диаметра соответствующей измерительной трубы 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>.

Таким образом, благодаря применению четырех, вместо прежних двух, одновременно проточных изогнутых измерительных труб стало возможным дешево изготавливать измерительные датчики описанного типа также и для больших величин массового расхода или при больших номинальных внутренних диаметрах, значительно превышающих 250 мм, с одной стороны, при точности измерения свыше 99,8% и приемлемом падении давления, в частности, менее 3 бар, и, с другой стороны, ограничивать монтажные размеры и собственную массу таких измерительных датчиков настолько, что, несмотря на большой номинальный внутренний диаметр изготовление, транспортировка, монтаж и эксплуатация могут производиться экономически

целесообразно. В частности, путем реализации поясненных выше, касающихся осуществления мероприятий - взятых в отдельности или в комбинации - измерительные датчики рассматриваемого типа могут быть выполнены и при большом номинальном внутреннем диаметре, при этом для них выбраны такие размеры, что отношение масс измерительного датчика, определяемое отношением между упомянутой собственной массой измерительного датчика и общей массой трубного устройства, может поддерживаться на уровне менее 3, в частности, менее 2,5.

#### Формула изобретения

1. Измерительный датчик вибрационного типа для регистрации, по меньшей мере, одной физической измеряемой величины подаваемой по трубопроводу текучей среды, в частности, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала, и/или для создания сил Кориолиса, служащих для регистрации величин массового расхода подаваемой по трубопроводу текучей среды, в частности, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала, содержащий:

- в частности, частично по существу трубчатый и/или снаружи частично цилиндрический корпус (7), у которого первый конец на стороне впуска образован первым расположенным на стороне впуска делителем (20<sub>1</sub>) потока с четырьмя разнесенными между собой, в частности, цилиндрическими или коническими проточными отверстиями (20<sub>1A</sub>, 20<sub>1B</sub>, 20<sub>1C</sub>, 20<sub>1D</sub>) и у которого второй конец на стороне выпуска образован вторым расположенным на стороне выпуска делителем (20<sub>2</sub>) потока с четырьмя разнесенными между собой, в частности, цилиндрическими или коническими проточными отверстиями (20<sub>2A</sub>, 20<sub>2B</sub>, 20<sub>2C</sub>, 20<sub>2D</sub>);

- трубное устройство, содержащее четыре измерительные трубы (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) для подачи текучей среды, образующие гидравлические, параллельно расположенные тракты, подключенные, в частности, к конструктивно одинаково выполненным делителям (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока, в частности, закрепленные с помощью делителей (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока в корпусе измерительного датчика с возможностью колебаний и/или выполненные конструктивно одинаковыми и/или попарно параллельные между собой, изогнутые, в частности, имеющие, по меньшей мере, на отдельных участках V-образную форму или, по меньшей мере, выполненные на отдельных участках дугообразными:

- причем первая измерительная труба (18<sub>1</sub>) заходит расположенным на стороне впуска первым концом в первое проточное отверстие (20<sub>1A</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока, а расположенным на стороне выпуска вторым концом - в первое проточное отверстие (20<sub>2A</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, при этом

- в частности, параллельная первой трубе, по меньшей мере, на отдельных участках вторая измерительная труба (18<sub>2</sub>) заходит расположенным на стороне впуска первым концом во второе проточное отверстие (20<sub>1B</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока, а расположенным на стороне выпуска вторым концом - во второе проточное отверстие (20<sub>2B</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, при этом

- третья измерительная труба (18<sub>3</sub>) заходит расположенным на стороне впуска первым концом в третье проточное отверстие (20<sub>1C</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока, а расположенным на стороне выпуска вторым концом - в третье проточное отверстие (20<sub>2C</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, причем

- в частности, параллельная третьей измерительной трубе, по меньшей мере, на



отдельных участках четвертая измерительная труба (18<sub>4</sub>) заходит расположенным на стороне впуска первым концом в четвертое проточное отверстие (20<sub>1D</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока, а расположенным на стороне выпуска вторым концом - в четвертое проточное отверстие (20<sub>2D</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, а также содержит

- электромеханическое устройство (5) возбуждения, образованное первым электродинамическим и/или дифференцированно возбуждающим колебания первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) относительно второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>)

возбудителем (5<sub>1</sub>) колебаний и вторым электромеханическим возбудителем (5<sub>2</sub>)

колебаний, электродинамическим и/или дифференцированно возбуждающим колебания третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) относительно четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>) и/или конструктивно одинаково выполненным с первым возбудителем (5<sub>1</sub>) колебаний,

и предназначенным для образования и/или поддержания изгибных колебаний каждой из четырех измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>), соответствующих, в частности, естественному режиму изгибных колебаний трубного устройства,

- при этом оба делителя (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока выполнены и расположены в измерительном датчике, при этом

- воображаемая соединительная ось (Z<sub>1</sub>) измерительного датчика, мысленно соединяющая первое проточное отверстие (20<sub>1A</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока с первым проточным отверстием (20<sub>2A</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, проходит параллельно

воображаемой второй соединительной оси (Z<sub>2</sub>) измерительного датчика, мысленно соединяющей второе проточное отверстие (20<sub>1B</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока со вторым проточным отверстием (20<sub>2B</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, и

- воображаемая соединительная третья ось (Z<sub>3</sub>) измерительного датчика, мысленно соединяющая третье проточное отверстие (20<sub>1C</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока с третьим проточным отверстием (20<sub>2C</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, проходит параллельно

воображаемой четвертой соединительной оси (Z<sub>4</sub>) измерительного датчика, мысленно соединяющей четвертое проточное отверстие (20<sub>1D</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока с четвертым проточным отверстием (20<sub>2D</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, и

- при этом измерительные трубы выполнены и расположены в измерительном датчике, причем

- трубное устройство содержит первую воображаемую плоскость (XZ) продольного сечения, расположенную как между первой и третьей измерительными трубами, так и между второй и четвертой измерительными трубами, является зеркально симметричной относительно трубного устройства и

- трубное устройство содержит вторую воображаемую плоскость (YZ) продольного сечения, перпендикулярную воображаемой первой плоскости (XZ) продольного сечения и расположенную как между первой и второй измерительными трубами, так и между третьей и четвертой измерительными трубами, при этом трубное устройство также является зеркально симметричным относительно этой плоскости (YZ) продольного сечения.

## 2. Измерительный датчик по п. 1, в котором

- устройство возбуждения выполнено с возможностью возбуждения синхронно в каждой из четырех измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>), (18<sub>3</sub>), (18<sub>4</sub>), в частности, изгибных

колебаний и/или

- устройство возбуждения выполнено с возможностью возбуждения в первой и второй измерительных трубах ( $18_1, 18_2$ ) относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальных, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричных, изгибных колебаний, а в третьей и четвертой измерительных трубах ( $18_3, 18_4$ ) с возможностью возбуждения относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальных, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричных, изгибных колебаний, и/или

- устройство возбуждения выполнено с возможностью возбуждения в первой и третьей измерительных трубах ( $18_1, 18_3$ ) относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальных, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричных, изгибных колебаний, а во второй и четвертой измерительных трубах с возможностью возбуждения относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальных, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричных, изгибных колебаний.

3. Измерительный датчик по п. 1 или 2, в котором трубное устройство предусмотрено с естественным режимом изгибных колебаний первого типа (режим V),

- причем первая и вторая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальные, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно соответствующей измерительной трубы в ее статическом состоянии покоя, в частности, консольные изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, при этом

- третья и четвертая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальные, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно соответствующей измерительной трубы в ее статическом состоянии покоя, в частности, консольные изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, при этом относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, при этом

- относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения изгибные колебания первой измерительной трубы являются зеркальными относительно изгибных колебаний третьей измерительной трубы и

- относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения изгибные колебания второй измерительной трубы являются зеркальными относительно изгибным колебаниям четвертой измерительной трубы.

4. Измерительный датчик по п.3, в котором трубное устройство характеризуется естественным режимом изгибных колебаний второго типа (режим X),

- при котором первая и вторая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальные, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно статического положения покоя соответствующей

измерительной трубы, в частности, консольные изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, при этом

5 - третья и четвертая измерительные трубы совершают относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения зеркальные, в частности, относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения симметричные, изгибные колебания относительно статического положения покоя соответствующей измерительной трубы, в частности, консольные изгибные колебания относительно воображаемой оси колебаний, параллельной, по меньшей мере, двум воображаемым соединительным осям, причем

- относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения изгибные колебания первой измерительной трубы являются зеркальными относительно изгибных колебаний четвертой измерительной трубы, и

15 - относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения изгибные колебания второй измерительной трубы являются зеркальными относительно изгибных колебаний третьей измерительной трубы.

5. Измерительный датчик по п.4, в котором собственная частота  $f_{18V}$  в режиме изгибных колебаний первого типа, замеренная при полностью заполненном водой трубопроводе, отличается от собственной частоты  $f_{18X}$  в режиме изгибных колебаний 20 второго типа, замеренной, в частности, при полностью заполненном водой трубопроводе и/или синхронно с собственной частотой  $f_{18V}$  в режиме изгибных колебаний первого типа, в частности, более чем на 10 Гц, в частности, таким образом, что собственная частота  $f_{18V}$  в режиме изгибных колебаний первого типа превышает более, чем на 10 25 Гц указанную собственную частоту  $f_{18X}$  в режиме изгибных колебаний второго типа или что указанная собственная частота  $f_{18V}$  в режиме изгибных колебаний первого типа меньше более чем на 10 Гц, чем указанная собственная частота  $f_{18X}$  в режиме изгибных колебаний второго типа.

30 6. Измерительный датчик по п.3, в котором устройство возбуждения выполнено с возможностью возбуждения изгибных колебаний в режиме первого типа.

7. Измерительный датчик по п.4, в котором устройство возбуждения выполнено с возможностью возбуждения изгибных колебаний в режиме второго типа, в частности, синхронно с изгибными колебаниями в режиме первого типа.

35 8. Измерительный датчик по п.4, в котором оба делителя ( $20_1, 20_2$ ) потока выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что первая воображаемая плоскость ( $XZ_1$ ) продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат первая воображаемая соединительная ось ( $Z_1$ ), в частности, параллельная соосной 40 трубопроводу основной оси течения в измерительном датчике, и вторая воображаемая соединительная ось ( $Z_2$ ), параллельна второй воображаемой плоскости ( $XZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат воображаемая третья соединительная ось ( $Z_3$ ) и четвертая воображаемая соединительная ось ( $Z_4$ ), в частности, таким образом, что первая воображаемая плоскость (XZ) продольного сечения трубного 45 устройства находится между первой и второй воображаемыми плоскостями ( $XZ_1, XZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика и/или является параллельной первой и второй воображаемым плоскостям ( $XZ_1, XZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика.

9. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором оба делителя ( $20_1$ ,  $20_2$ ) потока выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что третья воображаемая плоскость ( $YZ_1$ ) продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат воображаемая первая соединительная ось ( $Z_1$ ) и воображаемая третья соединительная ось ( $Z_3$ ), параллельна четвертой воображаемой плоскости ( $YZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика, в которой лежат воображаемая вторая соединительная ось ( $Z_2$ ) и воображаемая четвертая соединительная ось ( $Z_4$ ).

10. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором измерительные трубы выполнены и расположены в измерительном датчике таким образом, что вторая воображаемая плоскость ( $YZ$ ) продольного сечения трубного устройства находится между третьей воображаемой плоскостью ( $YZ_1$ ) продольного сечения измерительного датчика и четвертой воображаемой плоскостью ( $YZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика, в частности, таким образом, что вторая воображаемая плоскость ( $YZ$ ) продольного сечения трубного устройства параллельна третьей воображаемой плоскости ( $YZ_1$ ) продольного сечения измерительного датчика и параллельна четвертой воображаемой плоскости ( $YZ_2$ ) продольного сечения измерительного датчика.

11. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором каждая из четырех измерительных труб имеет наивысшую точку, определяемую как максимальное вертикальное расстояние соответствующей измерительной трубы от первой воображаемой плоскости ( $XZ$ ) продольного сечения.

12. Измерительный датчик п.1 или 2, в котором трубное устройство имеет воображаемую плоскость ( $XY$ ) поперечного сечения, перпендикулярную как к первой воображаемой плоскости ( $XZ$ ) продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости ( $YZ$ ) продольного сечения.

13. Измерительный датчик по п.12, в котором:

- центр тяжести трубного устройства расположен в воображаемой плоскости ( $XY$ ) поперечного сечения и/или

- трубное устройство выполнено зеркально симметричным относительно воображаемой плоскости ( $XY$ ) поперечного сечения и/или

- каждая из измерительных труб имеет наивысшую точку, определяемую как максимальное вертикальное расстояние соответствующей измерительной трубы от первой воображаемой плоскости ( $XZ$ ) продольного сечения, и воображаемая плоскость ( $XY$ ) поперечного сечения пересекает каждую из четырех измерительных труб в ее соответствующей наивысшей точке.

14. Измерительный датчик по п.1 или 2, который содержит:

- первый элемент связи ( $24_1$ ) первого типа, удаленный как от первого делителя потока, так и от второго делителя потока, закрепленный на стороне впуска на каждой из четырех измерительных труб, имеющий, в частности, Н- или Х-образное основание и служащий для задания собственных частот в естественном режиме колебаний трубного устройства, в частности, в режиме изгибных колебаний, а также

- второй элемент связи ( $24_2$ ) первого типа, удаленный как от первого делителя потока, так и от второго делителя потока, закрепленный на стороне выпуска на каждой из четырех измерительных труб, имеющий, в частности, Н- или Х-образное основание и/или выполненный по существу конструктивно одинаковым с первым элементом связи ( $24_1$ ) первого типа и служащий для задания собственных частот в естественном режиме колебаний трубного устройства, в частности, в режиме изгибных колебаний.

15. Измерительное устройство по п.14, в котором:

- каждый из обоих элементов связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа расположен симметрично относительно первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства и/или

5 - каждый из обоих элементов связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа расположен симметрично относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства и/или

- оба элемента связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа расположены в измерительном датчике симметрично относительно воображаемой плоскости (XY) поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, и/или

10 - оба элемента связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа являются равноудаленными от воображаемой плоскости (XY) поперечного сечения трубного устройства в измерительном датчике, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, и/или

15 - оба элемента связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа расположены в измерительном датчике параллельно воображаемой плоскости (XY) поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, и/или

20 - каждый из обоих элементов связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа выполнен и расположен в измерительном датчике таким образом, что он является симметричным относительно первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства и/или относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, и/или

25 - каждый из обоих элементов связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа выполнен и расположен в измерительном датчике таким образом, что в проекции на воображаемую плоскость (XY) поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, он имеет X-образную форму или что в проекции на воображаемую плоскость (XY) поперечного сечения трубного устройства, перпендикулярную как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, он имеет H-образную форму, и/или

30 - как первый элемент связи (24<sub>1</sub>) первого типа, так и второй элемент связи (24<sub>2</sub>) первого типа образованы пластинчатыми субэлементами.

16. Измерительный датчик по п.14, в котором каждый из обоих элементов связи (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) первого типа выполнен, по меньшей мере, на отдельных участках выпуклым, в частности, таким образом, что относительно воображаемой плоскости (XY) поперечного сечения трубного устройства, расположенной между первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>) первого типа и перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) поперечного сечения трубного устройства,

он выполнен, по меньшей мере, на отдельных участках выпуклым.

17. Измерительный датчик по п.14, в котором как первый элемент связи (24<sub>1</sub>) первого типа, так и второй элемент связи (24<sub>2</sub>) первого типа выполнены, по меньшей мере, на отдельных участках выпуклыми относительно воображаемой плоскости (XY) поперечного сечения трубного устройства, расположенной между первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>) первого типа и перпендикулярной как к первой воображаемой плоскости (XZ) продольного сечения трубного устройства, так и ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства.

18. Измерительный датчик по п.14, который содержит:

- в частности, пластинчатый первый элемент связи (24<sub>1</sub>) второго типа, который для образования на стороне впуска узлов колебаний как для вибраций, в частности, изгибных колебаний первой измерительной трубы, так и для относительно их зеркальных вибраций, в частности, изгибных колебаний, второй измерительной трубы закреплен на стороне впуска на первой и второй измерительных трубах,

- в частности, пластинчатый и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом связи (25<sub>1</sub>) второго типа и/или параллельный первому элементу связи (25<sub>1</sub>) второго типа второй элемент связи (25<sub>2</sub>) второго типа закреплен на стороне выпуска на первой и второй измерительных трубах для образования на стороне выпуска узлов колебаний как для вибраций, в частности, изгибных колебаний, первой измерительной трубы, так и для относительно их зеркальных вибраций, в частности, изгибных колебаний, второй измерительной трубы,

- в частности, пластинчатый и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом (25<sub>1</sub>) второго типа и/или параллельный второму элементу связи (25<sub>2</sub>) второго типа третий элемент связи (25<sub>3</sub>) второго типа закреплен на стороне впуска на третьей и четвертой измерительных трубах для образования на стороне впуска узлов колебаний как для вибраций, в частности, изгибных колебаний, третьей измерительной трубы, так и для зеркальных относительно их вибраций, в частности, изгибных колебаний, четвертой измерительной трубы на расстоянии от первого и второго делителей потока, а также

- в частности, пластинчатый и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым элементом связи (25<sub>1</sub>) второго типа и/или параллельный первому элементу связи (25<sub>1</sub>) второго типа четвертый элемент связи (25<sub>4</sub>) второго типа закреплен на стороне выпуска на третьей и четвертой измерительных трубах для образования на стороне выпуска узлов колебаний как для вибраций, в частности, изгибных колебаний, третьей измерительной трубы, так и для зеркальных относительно их вибраций, в частности, изгибных колебаний, четвертой измерительной трубы на расстоянии как от первого делителя потока, так и от второго делителя потока, а также от первого элемента связи.

19. Измерительный датчик по п.18, в котором:

- первый элемент связи (25<sub>1</sub>) второго типа закреплен как на трубном сегменте первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>), расположенном между первым делителем (20<sub>1</sub>) потока и первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа, так и на трубном сегменте второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>), расположенном между первым делителем (20<sub>1</sub>) потока и первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа,

- второй элемент связи (25<sub>2</sub>) второго типа закреплен как на трубном сегменте первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>), расположенном между вторым делителем (20<sub>2</sub>) потока и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>), так и на трубном сегменте второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>), расположенном между вторым делителем (20<sub>2</sub>) потока и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>) первого типа,

- третий элемент связи (25<sub>3</sub>) второго типа закреплен как на трубном сегменте третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>), расположенном между первым делителем (20<sub>1</sub>) потока и первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>), расположенным между первым делителем (20<sub>1</sub>) потока и первым элементом связи (24<sub>1</sub>) первого типа, и

- четвертый элемент связи (25<sub>4</sub>) второго типа закреплен как на трубном сегменте третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>), расположенном между вторым делителем (20<sub>2</sub>) потока и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>) первого типа, так и на трубном сегменте четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>), расположенном между вторым делителем (20<sub>2</sub>) потока и вторым элементом связи (24<sub>2</sub>) первого типа.

20. Измерительный датчик по п.18, в котором длина  $L_{18X}$  активно колеблющейся части первой измерительной трубы, в частности, каждой измерительной трубы, соответствующая длине участка изогнутой линии, проходящего между первым элементом связи второго типа и вторым элементом связи второго типа, составляет менее 3000 мм, в частности, менее 2500 мм, и/или больше 800 мм.

21. Измерительный датчик по п.20, в котором отношение между диаметром в свету и длиной колеблющейся части,  $D_{18}/L_{18X}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между диаметром в свету  $D_{18}$  первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) и длиной ( $L_{18X}$ ) активно колеблющейся части первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>), составляет более 0,03, в частности, более 0,05, и/или менее 0,15.

22. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором:

- первая измерительная труба имеет диаметр в свету, равный диаметру в свету второй измерительной трубы, в частности, также диаметру в свету третьей измерительной трубы, а также диаметру в свету четвертой измерительной трубы, и/или

- четыре измерительных трубы (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) выполнены конструктивно одинаковыми в отношении материала стенок труб и/или их геометрических размеров, в частности, длины, толщины, наружного диаметра и/или диаметра в свету трубы, и/или

- материалом, из которого выполнены, по меньшей мере, частично стенки четырех измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>), является титан и/или цирконий и/или качественная сталь и/или двухфазная нержавеющая сталь и/или сверхпрочная двухфазная нержавеющая сталь, и/или

- корпус (7<sub>1</sub>) измерительного датчика, делители (20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>) потока и стенки измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) выполнены, в частности, из нержавеющей и/или высокопрочной стали.

23. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором каждая из четырех, в частности, равновеликих измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) имеет диаметр в свету, составляющий более 40 мм, в частности, более 60 мм.

24. Измерительный датчик по п. 23, в котором измерительные трубы (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) изогнуты и расположены таким образом, что отношение между диаметром в свету и высотой,  $D_{18}/Q_{18}$ , трубного устройства, определяемое отношением между диаметром в свету  $D_{18}$  первой измерительной трубы и максимальным боковым расширением  $Q_{18}$  трубного устройства, замеренное от наивысшей точки первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) до наивысшей точки третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>), составляет более 0,05, в частности, более 0,07, и/или менее 0,35, в частности, менее 0,2.

25. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором первый делитель (20<sub>1</sub>) потока содержит фланец (б<sub>1</sub>) для присоединения измерительного датчика к трубному сегменту трубопровода, подводящему среду в измерительный датчик, второй делитель (20<sub>2</sub>) потока содержит фланец (б<sub>2</sub>) для присоединения измерительного датчика к трубному сегменту трубопровода, отводящему среду из измерительного датчика.

26. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором средний сегмент (7<sub>1А</sub>) корпуса (7<sub>1</sub>) измерительного датчика образован, по меньшей мере, частично прямой, в частности, цилиндрической, несущей трубой, в частности, таким образом, что сегмент первой измерительной трубы, выступающий на первой стороне из несущей трубы, и сегмент второй измерительной трубы, выступающий на первой стороне из несущей трубы, охвачены первой крышкой корпуса измерительного датчика, и сегмент третьей измерительной трубы, выступающий на второй стороне, противоположащей первой стороне, из несущей трубы, и сегмент четвертой измерительной трубы, выступающий на второй стороне из несущей трубы, охвачены второй крышкой корпуса измерительного датчика, выполненной конструктивно одинаковой с первой крышкой.

27. Измерительный датчик по п. 25, в котором каждый из фланцев (б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub>) содержит соответственно уплотнительную поверхность (б<sub>1А</sub>, б<sub>2А</sub>) для герметичного присоединения измерительного датчика к соответствующему трубному сегменту трубопровода, причем расстояние между уплотнительными поверхностями (б<sub>1А</sub>, б<sub>2А</sub>) обоих фланцев (б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub>) определяет монтажную длину  $L_{11}$  измерительного датчика, которая составляет, в частности, более 1200 мм и/или менее 3000 мм, в частности, менее 2500 мм.

28. Измерительный датчик по п.1 или 2, в котором длина  $L_{18}$  первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>), соответствующая длине участка изогнутой линии первой измерительной трубы, расположенного между первым проточным отверстием (20<sub>1А</sub>) первого делителя (20<sub>1</sub>) потока и первым проточным отверстием (20<sub>2А</sub>) второго делителя (20<sub>2</sub>) потока, составляет более 1000 мм, в частности, более 1200 мм, и/или менее 3000 мм, в частности, менее 2500 мм.

29. Измерительный датчик по п. 27, в котором отношение между длиной измерительной трубы и монтажной длиной,  $L_{18}/L_{11}$ , измерительного датчика, определяемое отношением между длиной первой измерительной трубы и монтажной длиной  $L_{18}$  измерительного датчика, составляет более 0,97, в частности, более 0,8, и/или менее 1,2.

30. Измерительный датчик по п.1 или 2, который содержит сенсорное устройство (19), образованное датчиками колебаний (19<sub>1</sub>, 19<sub>2</sub>, 19<sub>3</sub>, 19<sub>4</sub>), реагирующими на вибрации, в частности, на возбуждаемые устройством возбуждения изгибные колебания измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>), в частности, выполненные электродинамическими



и/или конструктивно одинаковыми между собой, и предназначенными для образования сигналов, отображающих вибрации, в частности, изгибные колебания, измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>).

5 31. Измерительный датчик по п. 30, в котором сенсорное устройство (19) выполнено, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) относительно второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>), расположенным на стороне впуска датчиком (19) колебаний, а также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания  
10 первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) относительно второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>), расположенным на стороне выпуска датчиком (19<sub>2</sub>) колебаний.

15 32. Измерительный датчик по п. 31, в котором сенсорное устройство (19) выполнено, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) относительно четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>) и/или электрически последовательно соединенным с первым датчиком (19) колебаний, расположенным на стороне впуска третьим датчиком (19) колебаний, а также, в частности, электродинамическим и/или дифференцированно регистрирующим колебания третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) относительно четвертой измерительной  
20 трубы (18<sub>4</sub>) и/или электрически последовательно соединенным со вторым датчиком (19) колебаний, расположенным на стороне выпуска четвертым датчиком (19) колебаний.

25 33. Измерительный датчик по п. 32, в котором первый и третий датчики (19<sub>1</sub>, 19<sub>3</sub>) колебаний электрически последовательно соединены таким образом, что совместный сигнал колебаний отображает совместные, происходящие на стороне впуска колебания первой и третьей измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>3</sub>) относительно второй и четвертой измерительных труб (18<sub>2</sub>, 18<sub>4</sub>).

30 34. Измерительный датчик по п. 33, в котором второй и четвертый датчики (19<sub>2</sub>, 19<sub>4</sub>) колебаний электрически последовательно соединены таким образом, что совместный сигнал колебаний отображает совместные, происходящие на стороне выпуска колебания первой и третьей измерительных труб (18<sub>1</sub>, 18<sub>3</sub>) относительно второй и четвертой измерительных труб (18<sub>2</sub>, 18<sub>4</sub>).

35 35. Измерительный датчик по п. 31, в котором первый датчик (19<sub>1</sub>) колебаний выполнен в виде закрепленного на первой измерительной трубе (18<sub>1</sub>) постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленного на второй измерительной трубе (18<sub>2</sub>) цилиндрической катушкой, причем второй датчик (19<sub>2</sub>) колебаний выполнен в виде закрепленного на первой измерительной трубе (18<sub>1</sub>) постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленного на  
40 второй измерительной трубе (18<sub>2</sub>) цилиндрической катушкой.

45 36. Измерительный датчик по п.32, в котором третий датчик (19<sub>3</sub>) колебаний выполнен в виде закрепленного на третьей измерительной трубе (18<sub>3</sub>) постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленного на четвертой измерительной трубе (18<sub>4</sub>) цилиндрической катушкой, причем четвертый датчик (19<sub>4</sub>) колебаний выполнен в виде закрепленного на третьей измерительной трубе (18<sub>3</sub>) постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленного на четвертой измерительной трубе (18<sub>4</sub>) цилиндрической катушкой.

37. Измерительный датчик по п. 36, в котором:

- цилиндрическая катушка первого датчика (19<sub>1</sub>) колебаний и цилиндрическая катушка третьего датчика (19<sub>3</sub>) колебаний соединены электрически последовательно  
и

- цилиндрическая катушка второго датчика (19<sub>2</sub>) колебаний и цилиндрическая катушка четвертого датчика (19<sub>4</sub>) колебаний соединены электрически последовательно.

38. Измерительная система для измерения плотности и/или величины массового расхода, в частности, также суммарного за некоторый интервал времени общего массового расхода среды, протекающей по трубопроводу, по меньшей мере, периодически, в частности, при величине массового расхода более 1000 т/ч, в частности, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала, при этом измерительная система, в частности, в виде проточного измерительного прибора и/или компактного измерительного прибора, содержит измерительный датчик по любому из пп. 1-37, а также электронный преобразователь, электрически соединенный с измерительным датчиком, в частности, расположенный в механически связанном с корпусом измерительного датчика корпусе и обеспечивающий управление измерительным датчиком, в частности, его устройством возбуждения, и для обработки поступающих от измерительного датчика сигналов колебаний.

39. Измерительная система по п. 38, в которой четыре измерительных трубы выполнены с возможностью возбуждения устройством возбуждения и синхронного совершения колебания, в частности, в режиме изгибных колебаний первого типа.

40. Измерительная система по п. 38 или 39, в которой устройство возбуждения (5) содержит, по меньшей мере, один первый возбудитель колебаний, в частности, воздействующий дифференцированно на первую и вторую измерительные трубы, в частности, закрепленный на них и/или являющийся электродинамическим и служащий для преобразования подаваемой электронным преобразователем в устройство возбуждения электрической мощности возбуждения в переменные и/или периодические изгибные колебания первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>), в частности, с соответствующей

по меньшей мере, собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства частотой сигнала, и в механические силы возбуждения, вызывающие зеркальные изгибные колебания второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>) относительно изгибных колебаний первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства.

41. Измерительная система по п. 40 в которой первый возбудитель (5) колебаний выполнен в виде закрепленного на первой измерительной трубе (18<sub>1</sub>), в частности, на участке ее наивысшей точки, постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленной на второй измерительной трубе (18<sub>2</sub>), в частности, на участке ее наивысшей точки, цилиндрической катушки.

42. Измерительная система по п. 40, в которой устройство возбуждения содержит второй возбудитель колебаний, в частности, воздействующий дифференцированно на третью и четвертую измерительные трубы, в частности, закрепленный на них и/или являющийся электродинамическим и/или выполненный конструктивно одинаковым с первым возбудителем колебаний и/или электрически последовательно соединенный с первым возбудителем колебаний и обеспечивающий преобразование подаваемой электронным преобразователем в устройство возбуждения электрической мощностью возбуждения в переменные и/или периодические изгибные колебания третьей

измерительной трубы (18<sub>3</sub>), в частности, с соответствующей, по меньшей мере, собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства частотой сигнала, и в механические силы возбуждения, воздействующие на изгибные колебания четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>), являющиеся зеркальными относительно изгибных колебаний третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) относительно второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства.

43. Измерительная система по п.42, в которой второй возбудитель (5) колебаний выполнен в виде закрепленного на третьей измерительной трубе (18<sub>3</sub>), в частности, на участке ее наивысшей точки, постоянного магнита и пронизываемого его магнитным полем, закрепленного на четвертой измерительной трубе (18<sub>4</sub>), в частности, на участке ее наивысшей точки, цилиндрической катушкой.

44. Измерительная система по п. 38 или 39, в которой:

- электронный преобразователь выполнен с возможностью подачи электрической мощности возбуждения в устройство возбуждения посредством, по меньшей мере, одного переменного и/или, по меньшей мере, периодического электрического сигнала возбуждения, в частности, по меньшей мере, с соответствующей собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства частотой сигнала, в частности, с переменной максимальной величиной напряжения и/или переменной максимальной силой тока, причем

- устройство возбуждения выполнено с возможностью преобразования, в частности, зависящей от величины напряжения и силы тока, по меньшей мере, одного сигнала возбуждения электрической мощности возбуждения, по меньшей мере, частично в изгибные колебания первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) и в изгибные колебания второй измерительной трубы (18<sub>2</sub>), являющиеся зеркальными относительно изгибных колебаний первой измерительной трубы (18<sub>1</sub>) по отношению ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства, а также в изгибные колебания третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) и в изгибные колебания четвертой измерительной трубы (18<sub>4</sub>), являющиеся зеркальными относительно изгибных колебаний третьей измерительной трубы (18<sub>3</sub>) по отношению ко второй воображаемой плоскости (YZ) продольного сечения трубного устройства.

45. Измерительная система по п. 44, в которой, по меньшей мере, один сигнал возбуждения подается в первый возбудитель (19<sub>1</sub>) колебаний, в частности, таким образом, что через его цилиндрическую катушку проходит первый ток возбуждения, созданный вызванным первым сигналом возбуждения переменным первым напряжением возбуждения.

46. Измерительная система по п. 44, в которой, по меньшей мере, один сигнал возбуждения имеет множество своих компонентов с разной частотой сигнала, причем, по меньшей мере, один компонент, в частности, доминирующий в отношении мощности сигнала компонент, первого сигнала возбуждения имеет частоту сигнала, соответствующую собственной частоте естественного режима колебаний трубного устройства, в частности, режима изгибных колебаний первого типа, в котором изгибные колебания совершает каждая из четырех измерительных труб.

47. Измерительная система по п. 40, в которой устройство возбуждения выполнено с возможностью вызывания колебания измерительных труб, в частности, изгибных колебаний, в первом режиме первого типа, в результате того, что сила возбуждения, образуемая первым возбудителем колебаний и воздействующая на первую

измерительную трубу, является встречно направленной, в частности, зеркальной, относительно силы возбуждения, синхронно образованной первым возбуждателем колебаний и воздействующей на вторую измерительную трубу.

48. Измерительная система по п. 38 или 39, при которой

- 5 - электронный преобразователь выполнен с возможностью образования на основе преобразуемой в устройстве возбуждения электрической мощности возбуждения измеряемой величины вязкости, отображающей вязкость текущей среды, и/или
- 10 - электронный преобразователь выполнен с возможностью образования на основе поступающих от измерительного датчика сигналов колебаний измеряемой величины массового расхода, отображающей величину массового расхода текущей среды и/или
- 15 измеряемую величину, отображающую плотность текущей среды.

49. Применение измерительного датчика по любому из пп.1-37 или измерительной системы по любому из пп.3 48 для измерения плотности и/или величины массового расхода, в частности, также суммарного за некоторый интервал времени общего

20 массового расхода и/или вязкости и/или числа Рейнольдса протекающей по технологической магистрали, в частности, трубопроводу, по меньшей мере, периодически среды с величиной массового расхода более 1000т/ч, в частности, более

25 1500 т/ч, в частности, газа, жидкости, порошка или любого другого текучего материала.

20

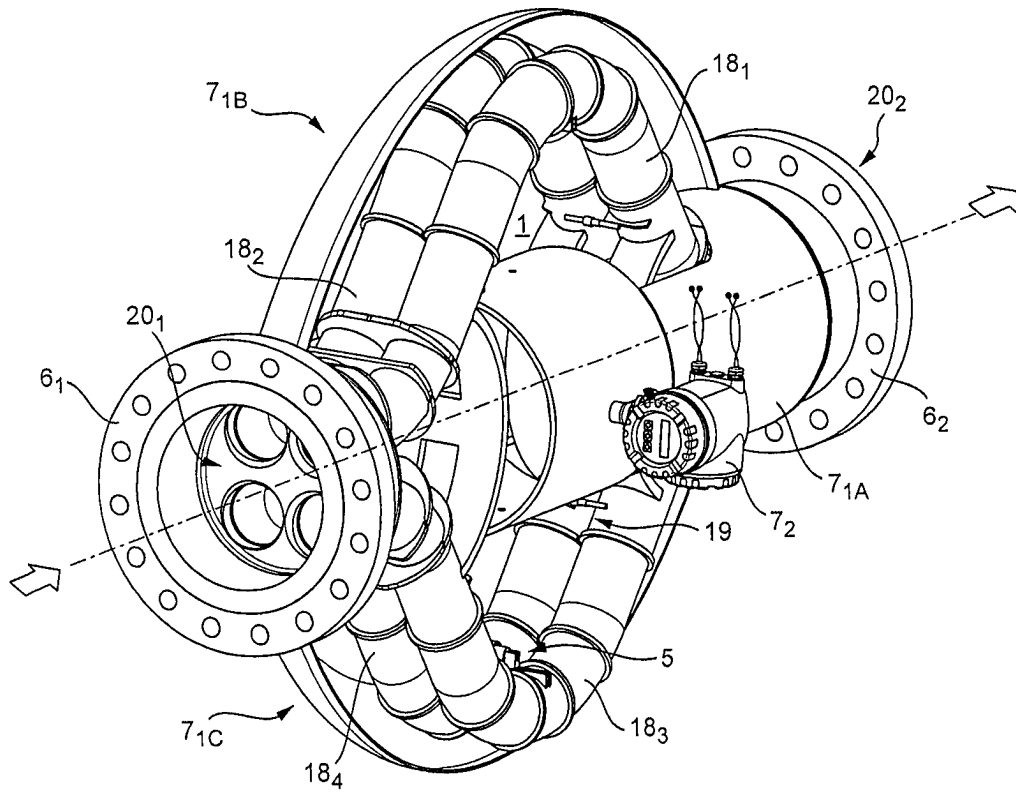
25

30

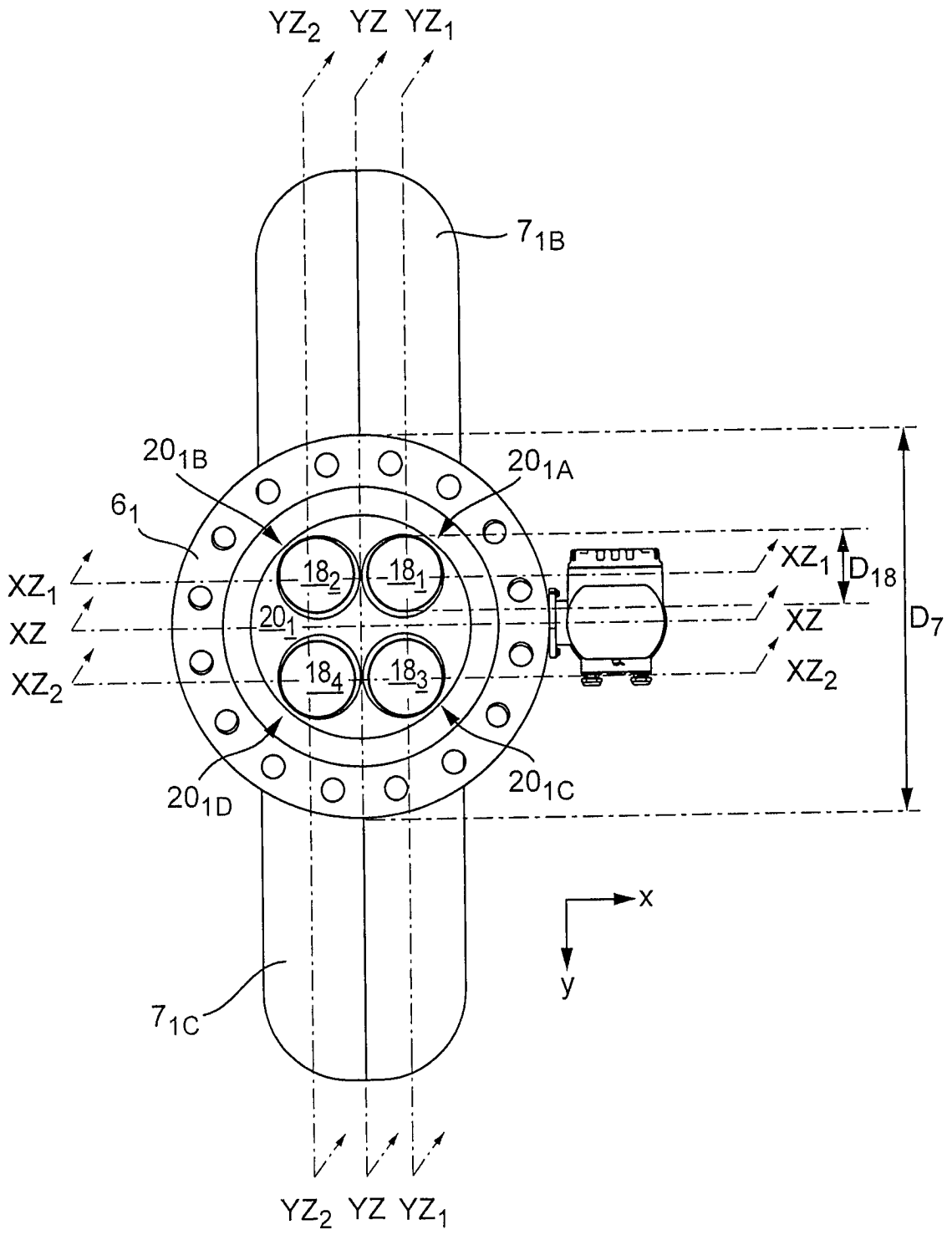
35

40

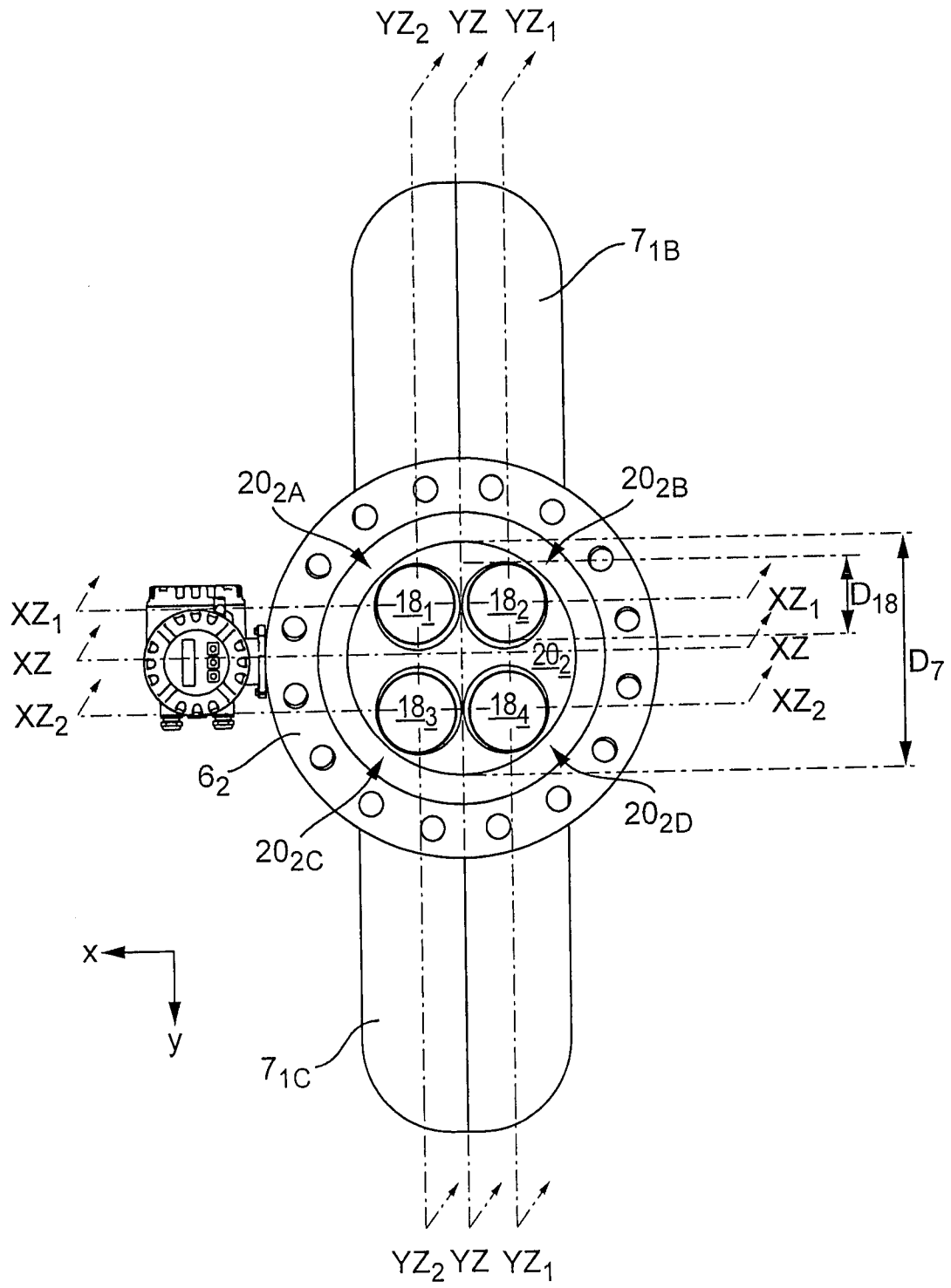
45



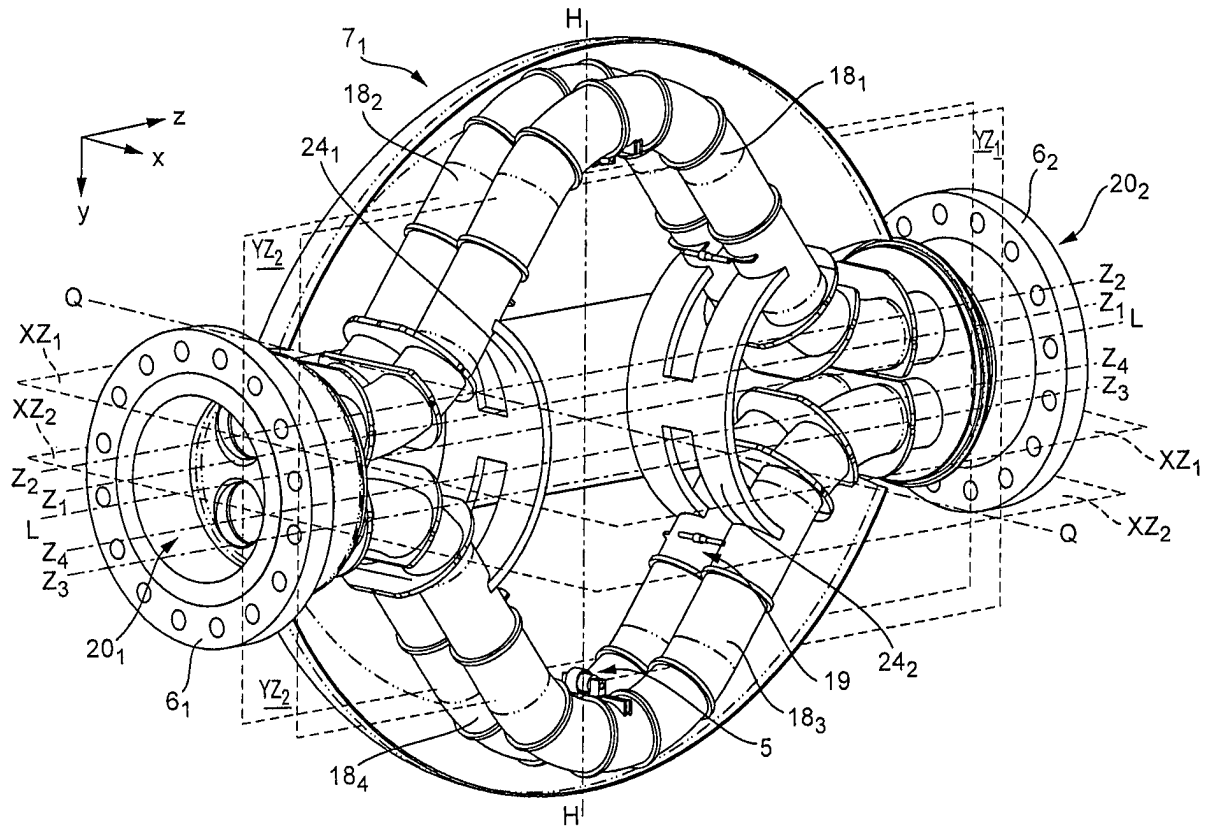
Фиг.2



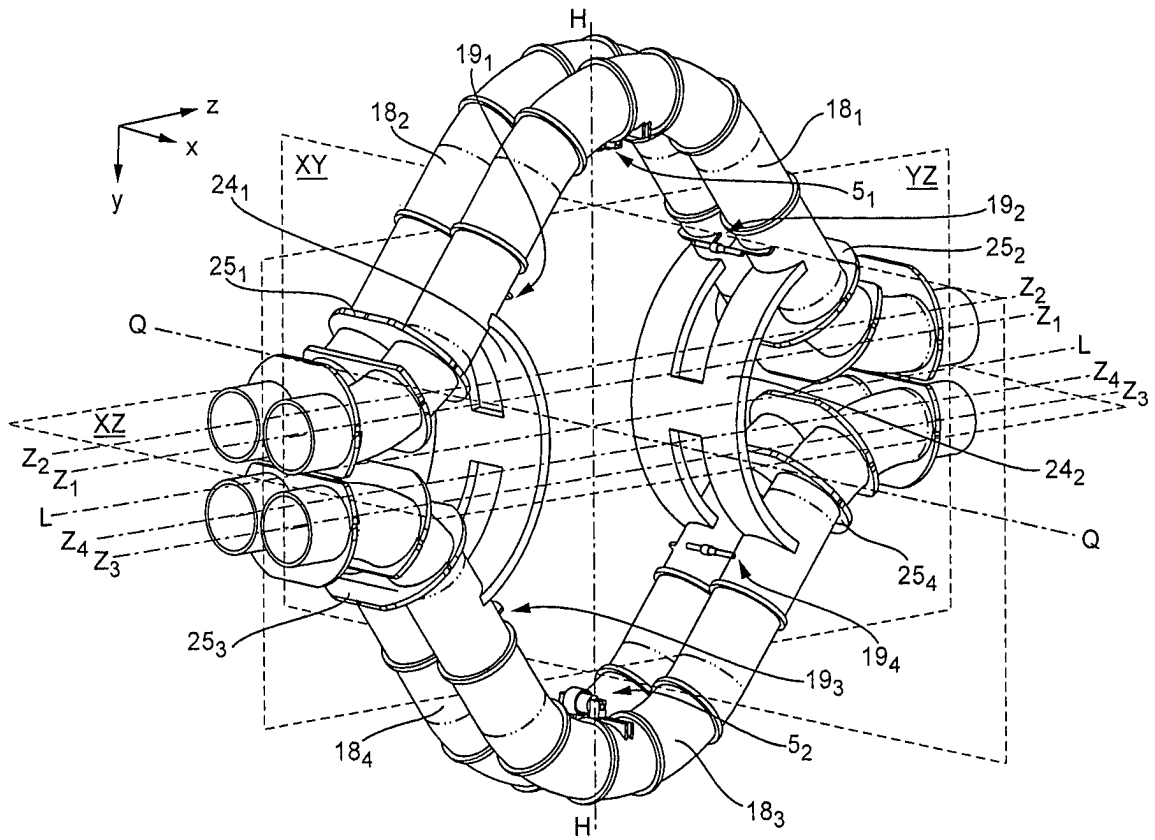
Фиг.3а



Фиг.3b

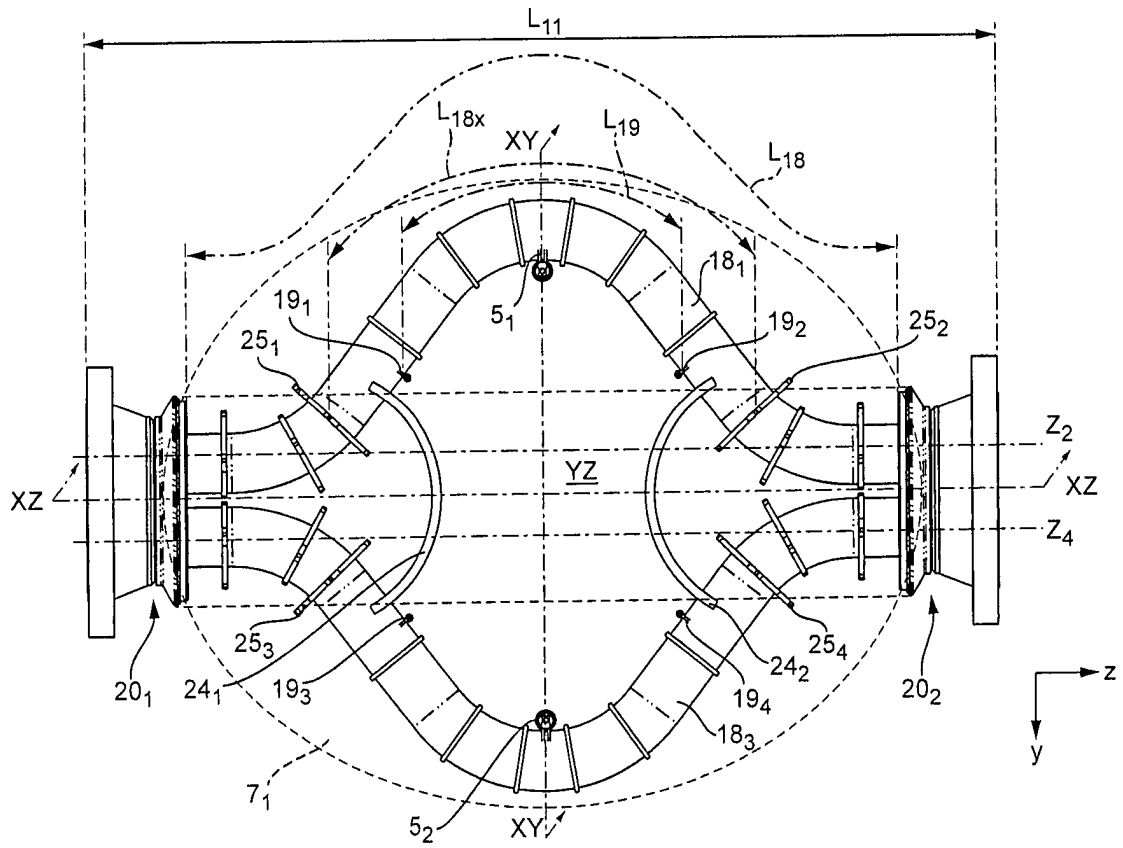


Фиг.4а

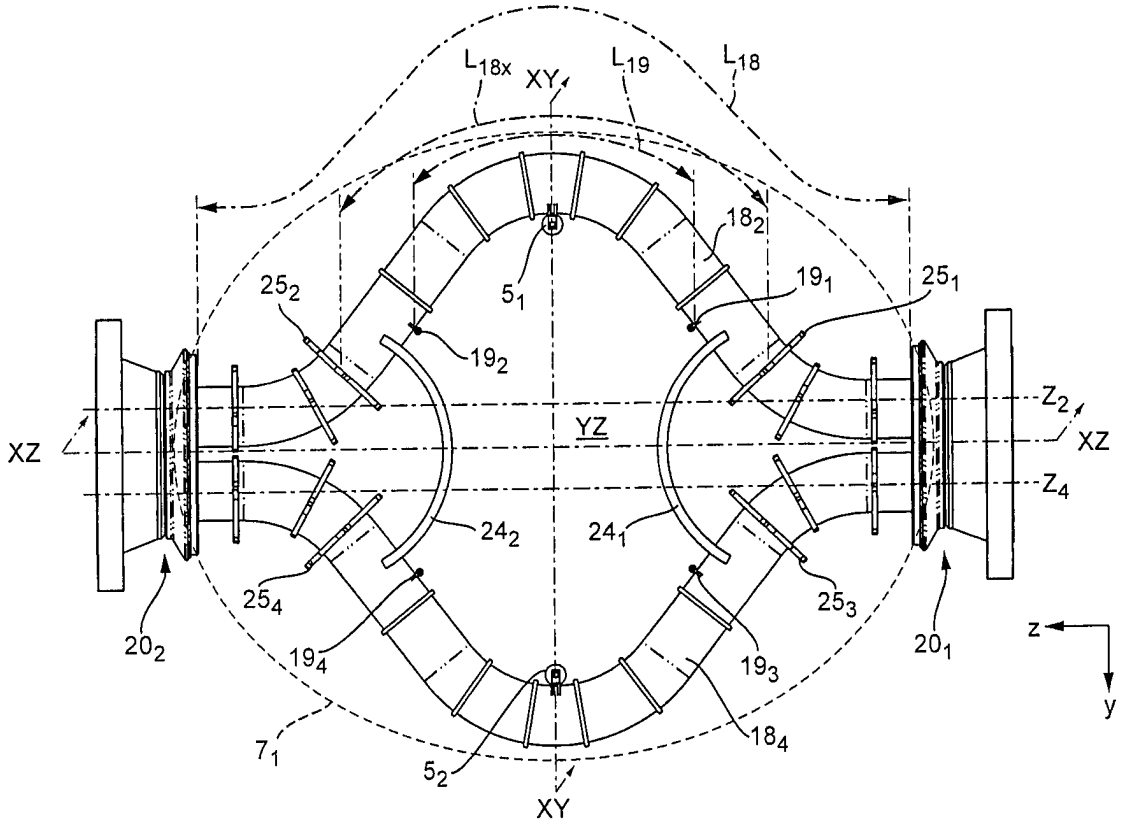


Фиг.4б

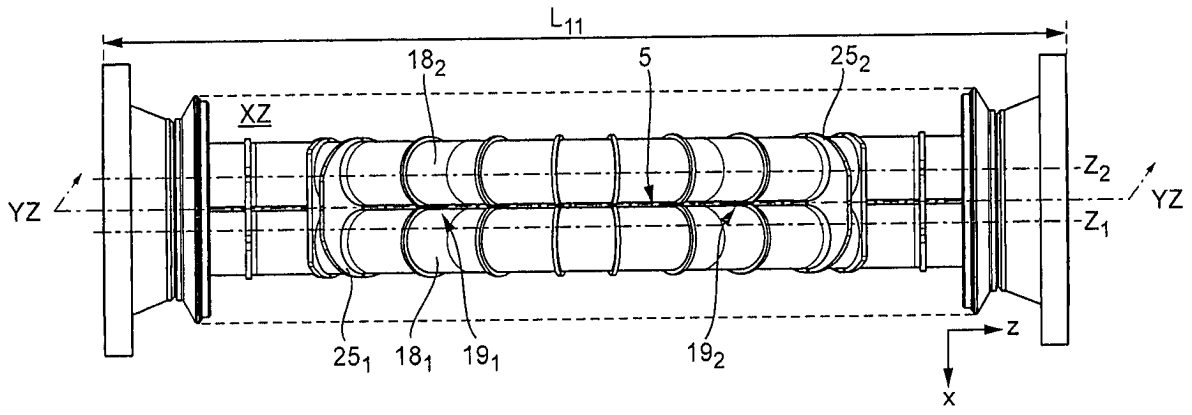




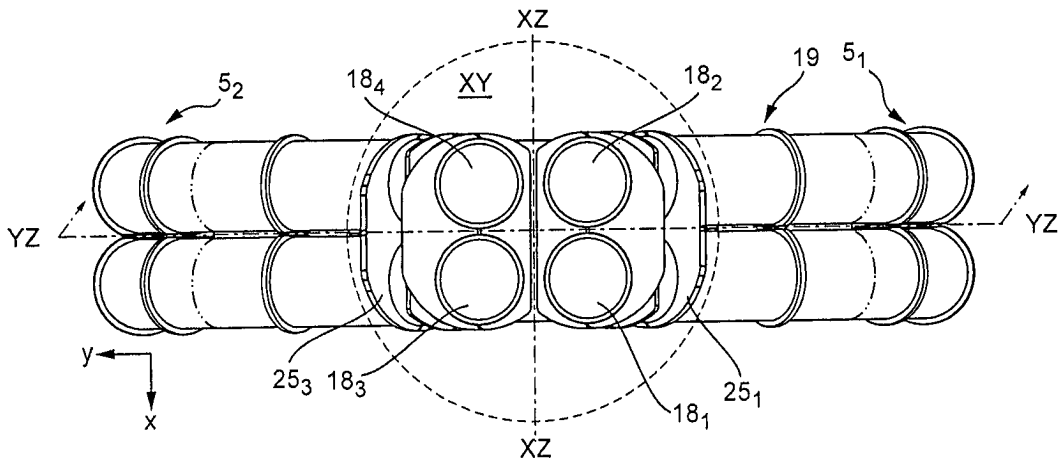
Фиг. 5а



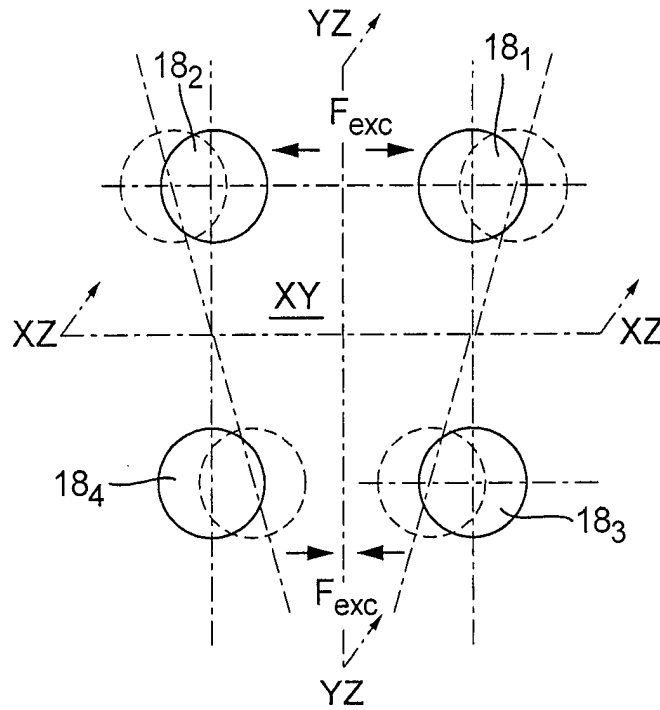
Фиг. 5б



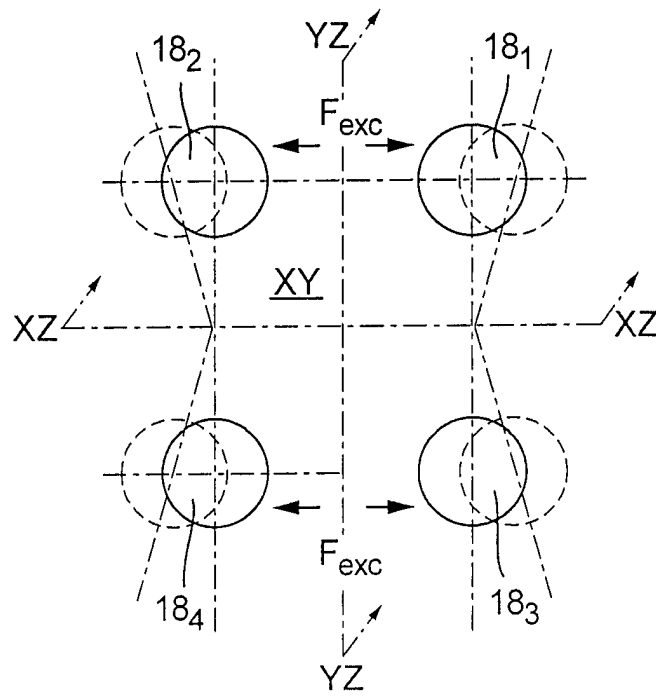
Фиг.6а



Фиг.6б



Фиг.7а



Фиг.7б