



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011123896/28**, 13.11.2008(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.11.2008

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **13.11.2008**(43) Дата публикации заявки: **20.12.2012** Бюл. № 35(45) Опубликовано: **27.12.2013** Бюл. № 36(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 7299705 B2**, 27.11.2007. **US 6412355 B1**, 02.07.2002. **WO 01/01086 A1**, 04.01.2001. **WO 2006/104485 A1**, 05.10.2006. **US 5661232 A**, 26.08.2005. **RU 2250438 C1**, 27.08.2005.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **14.06.2011**(86) Заявка РСТ:
US 2008/083387 (13.11.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/056244 (20.05.2010)

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"**

(72) Автор(ы):

**ВАЙНШТЕЙН Джоэл (US),
БЕЛЛ Марк Джеймс (US),
ПЭТТЕН Эндрю Тимоти (US)**

(73) Патентообладатель(и):

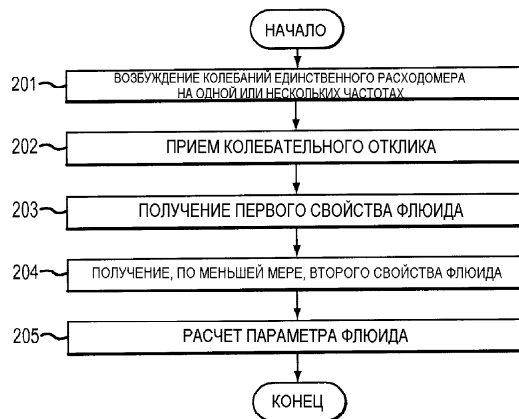
МАЙКРО МОУШН, ИНК. (US)**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРА ФЛЮИДА В
ВИБРАЦИОННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ**

(57) Реферат:

Способ для расчета скорости звука флюида, текущего через вибрационный расходомер содержит возбуждение колебаний расходомера на одной или нескольких частотах и прием колебательного отклика. Способ дополнительно содержит получение первого свойства флюида и получение, по меньшей мере, второго свойства флюида. Способ дополнительно содержит расчет скорости звука флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида. Вибрационный расходомер для

расчета скорости звука текущего флюида содержит измерительную сборку, включающую в себя вибродатчики и связанную с ними измерительную электронику. При этом измерительная электроника сконфигурирована для реализации этапов способа. Система вибрационного расходомера для расчета скорости звука текущего флюида содержит первый расходомер и, по меньшей мере, второй расходомер, систему обработки, связанную с первым и, по меньшей мере, вторым расходомерами, с системой вибрационного расходомера. Технический

результат - повышение точности определения скорости звука в флюиде. 3 н. и 45 з.п. ф-лы, 8 ил.



200 ↗

ФИГ.2

RU 2502962 C2

RU 2502962 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01F 1/84 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2011123896/28, 13.11.2008**

(24) Effective date for property rights:
13.11.2008

Priority:

(22) Date of filing: **13.11.2008**

(43) Application published: **20.12.2012 Bull. 35**

(45) Date of publication: **27.12.2013 Bull. 36**

(85) Commencement of national phase: **14.06.2011**

(86) PCT application:
US 2008/083387 (13.11.2008)

(87) PCT publication:
WO 2010/056244 (20.05.2010)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**VAJNShTEJN Dzhoehl (US),
BELL Mark Dzhejms (US),
PEhTTEN Ehndrju Timoti (US)**

(73) Proprietor(s):

MAJKRO MOUShN, INK. (US)

(54) METHOD AND DEVICE TO MEASURE FLUID PARAMETER IN VIBRATION METRE

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: method to calculate sonic speed of a fluid flowing via a vibration flow metre includes excitation of flow metre oscillations on one or several frequencies and reception of an oscillating response. The method additionally includes production of the first property of the fluid and production of at least the second property of the fluid. The method additionally includes calculation of sonic speed of the fluid, based on the first property of the fluid, and at least the second property of the fluid. The vibration flow metre for calculation of sonic speed of the flowing fluid

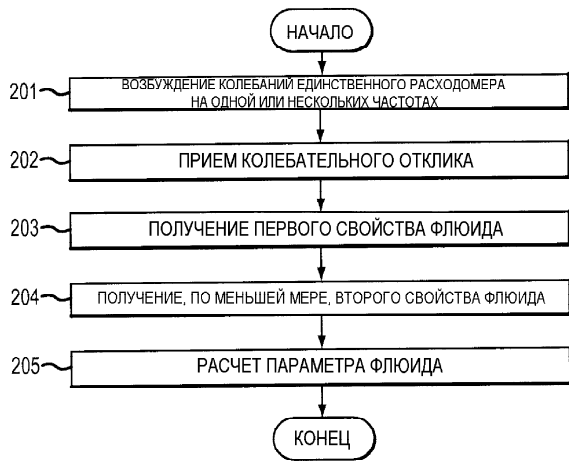
comprises a measuring assembly, including vibration sensors, and connected measurement electronics. At the same time the measurement electronics is configured to realise the stages of the method. The system of the vibration flow metre for calculation of sonic speed of the flowing fluid comprises the first flow metre and at least the second flow metre, and a system of processing connected with the first and at least the second flow metres, with the system of the vibration flow metre.

EFFECT: higher accuracy of sonic speed detection in a fluid.

48 cl, 8 dwg

RU 2 5 0 2 9 6 2 C 2

RU 2 5 0 2 9 6 2 C 2



200

ФИГ.2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к расходомеру и, более конкретно, к способу и устройству для измерения параметра флюида в вибрационном расходомере.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

5 Расходомеры используются для измерения массового расхода, плотности и других параметров текучих материалов. Текучий материал может содержать жидкость, газ, твердые частицы, взвешенные в жидкостях или газе, или любую их комбинацию. Вибрационные расходомеры, такие как массовые расходомеры Кориолиса и
10 вибрационные денситометры, обычно действуют посредством регистрации смещения колеблющегося трубопровода, который содержит текучий материал. Свойства, связанные с материалом в трубопроводе, такие как массовый расход, плотность и т.п., могут быть определены в результате обработки измерительных сигналов, принимаемых от преобразователей перемещения, связанных с трубопроводом.
15 Колебательные моды заполненной материалом вибрирующей системы обычно зависят от суммарной массы, жесткости и параметров демпфирования заполняемого трубопровода и содержащегося в нем материала.

Типичный массовый расходомер Кориолиса включает в себя один или несколько
20 трубопроводов, которые соединяются в линейную поточную магистраль или другую транспортную систему и транспортируют в системе материал, например, флюиды, шламы и т.п. Каждый трубопровод можно рассматривать как систему, имеющую ряд собственных колебательных мод, включая, например, простые изгибные, крутильные, радиальные и связанные моды. В типичном применении массового расходомера
25 Кориолиса, трубопровод возбуждается на одной или нескольких колебательных модах, когда материал течет через трубопровод, и смещение трубопровода измеряется в точках, разнесенных вдоль трубопровода. Возбуждение обычно обеспечивается приводом, например, электромеханическим устройством, таким как привод типа
30 звуковой катушки, который периодически возмущает трубопровод. Массовый расход может быть определен по измерению временной задержки или по разности фаз между смещениями в местоположениях датчиков. Плотность текущего материала может быть определена по частоте колебательного отклика расходомера. Два таких датчика (или измерительных датчика) обычно используются для измерения
35 колебательного отклика трубопровода или трубопроводов и обычно располагаются в положениях сверху и снизу по течению относительно привода. Два измерительных датчика соединяются с электронной измерительной электроникой с помощью кабеля, например, с помощью двух независимых пар проводов. Измерительная электроника
40 принимает сигналы от двух измерительных датчиков и обрабатывает сигналы, чтобы получить измерение массового расхода.

Один из потенциальных источников ошибки в вибрационных расходомерах обусловлен сжимаемостью, что известно также как эффекты скорости звука. Эти
45 ошибки обычно увеличиваются с увеличением частоты колебаний трубки, и, поэтому, ошибки часто возникают при работе на высоких частотах. Было разработано множество моделей, чтобы охарактеризовать эффекты скорости звука в вибрационном расходомере. Например, эффекты ошибок и при измерениях плотности, и при измерениях массового расхода были рассмотрены в работе Непр J. и Kutin J.,
50 Теория ошибок в показаниях расходомера Кориолиса вследствие сжимаемости измеряемого флюида, Flow Measurement and Instrumentation, 17:359-369 (2006), в виде:

$$\rho_{vos,err} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (1)$$

$$5 \quad \dot{m}_{vos,err} = \frac{1}{2} \left(\frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (2),$$

где: ω - угловая частота колебаний, d - внутренний диаметр расходомерной трубки, c - скорость звука обрабатываемого флюида.

Поэтому, если скорость звука в обрабатываемом флюиде известна, ошибка в
 10 измеренной плотности и массовом расходе может быть определена и скорректирована. Решения в технике предшествующего уровня обычно относились к ситуации, когда обрабатываемый флюид содержал смесь, имеющую две фазы, или более, причем скорость звука отдельных фаз известна. Например, патентная
 15 заявка РСТ/US07/74711, переуступленная настоящему претенденту и включенная здесь посредством ссылки, раскрывает способ для определения скорости звука многофазной протекающей смеси, исходя из известной скорости звука компонентов. Следует понимать, что вышеупомянутые уравнения, также как и уравнения, предоставленные в вышеупомянутой патентной заявке РСТ, представляют собой просто примеры
 20 модели эффектов VOS в колеблющейся трубе. Известны и другие модели, и они находятся в рамках описания и формулы. Конкретный, приведенный выше пример и другие используемые примеры не должны ограничивать объем притязаний настоящего изобретения.

При многих обстоятельствах, например, если газообразная смесь имеет
 25 неизвестный состав, скорость звука может быть не известна. Кроме того, даже если состав известен, скорость звука для соответствующих компонентов может быть неизвестной. В других решениях техники предшествующего уровня использовались дополнительные датчики, например, акустические датчики для измерения скорости
 30 звука. Этот подход является не только более затратным, но может быть и непрактичным во многих ситуациях из-за пространственных ограничений и высокой стоимости.

Поэтому, в данной области техники имеется потребность в способе получения значения скорости звука, основанного исключительно на измерениях, полученных от
 35 вибрационного измерителя. Кроме того, в данной области техники имеется потребность в измерении скорости звука однофазного флюида, когда компоненты неизвестны. Настоящее изобретение разрешает эту и другие проблемы и достигает прогресса в данной области техники.

В соответствии с аспектом изобретения способ для расчета параметра флюида,
 40 текущего через, по меньшей мере, первый вибрационный расходомер, содержит этапы: возбуждения колебаний расходомера на одной или нескольких частотах; приема колебательного отклика; получения первого свойства флюида;
 45 получения, по меньшей мере, второго свойства флюида; и расчета параметра флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство
 50 флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый

расход.

Предпочтительно, этап возбуждения колебаний вибрационного расходомера содержит этапы:

5 возбуждения колебаний вибрационного расходомера на первой частоте; и
дополнительного возбуждения колебаний вибрационного расходомера, по меньшей мере, на второй частоте s , по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

10 Предпочтительно, способ дополнительно содержит этап разделения колебательного отклика на первую частотную компоненту колебательного отклика и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту колебательного отклика.

15 Предпочтительно, первое свойство флюида основано на первой частотной компоненте колебательного отклика, и, по меньшей мере, второе свойство флюида основано на, по меньшей мере, второй частотной компоненте колебательного отклика.

Предпочтительно, этап возбуждения колебаний вибрационного расходомера содержит этапы:

20 возбуждения колебаний вибрационного расходомера на первой частоте; и
разделения колебательного отклика на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту, причем первая частотная компонента и, по меньшей мере, вторая частотная компонента создаются колебанием на первой частоте.

25 Предпочтительно, способ дополнительно содержит этапы:
возбуждения колебаний, по меньшей мере, второго вибрационного расходомера; получения первого свойства флюида от первого вибрационного расходомера; и получения, по меньшей мере, второго свойства флюида от, по меньшей мере, второго вибрационного расходомера.

30 Предпочтительно, этапы возбуждения колебаний первого расходомера и, по меньшей мере, второго расходомера содержат этапы:

35 возбуждения колебаний первого расходомера на первой частоте; и
возбуждения колебаний, по меньшей мере, второго расходомера на, по меньшей мере, второй частоте s , по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

40 Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и причем первое измерение плотности производится по известной плотности флюида.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности и дополнительно содержат этапы:

45 сравнения первого измерения плотности с ожидаемым измерением плотности; и
если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности меньше порогового значения, определения того, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность флюида.

50 Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход и дополнительно содержат этапы:

сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и
если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом

меньше порогового значения, определения того, что первый массовый расход содержит фактический массовый расход.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение

плотности и дополнительно содержат этапы:

сравнения первого измерения плотности с ожидаемой плотностью; и
если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение, расчета фактической плотности и скорости

звука флюида.
Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход и дополнительно содержат этапы:

сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и
если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом превышает пороговое значение, расчета фактического массового расхода и скорости звука флюида.

Предпочтительно, параметр флюида содержит плотность.

Предпочтительно, параметр флюида содержит массовый расход.

Предпочтительно, параметр флюида содержит скорость звука флюида.

Предпочтительно, способ дополнительно содержит этап вычисления ошибки плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

Предпочтительно, способ дополнительно содержит этап коррекции плотности, исходя из рассчитанной ошибки плотности.

Предпочтительно, способ дополнительно содержит этап вычисления ошибки массового расхода, исходя из рассчитанной скорости звука.

Предпочтительно, способ дополнительно содержит этап коррекции массового расхода, исходя из рассчитанной ошибки массового расхода.

Предпочтительно, способ дополнительно содержит этапы сравнения рассчитанной скорости звука с ожидаемой скоростью звука и определения состояния ошибки, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука превышает пороговое значение.

В соответствии с другим объектом изобретения вибрационный расходомер для расчета параметра протекающего флюида содержит измерительную сборку, включающую в себя вибродатчики и электронное измерительное устройство, связанное с вибродатчиками, с вибрационным расходомером, отличающимся тем, что:

электронное измерительное устройство сконфигурировано для:

приема колебательного отклика от вибродатчиков;

получения первого свойства флюида;

получения, по меньшей мере, второго свойства флюида; и

расчета параметра флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход.

Предпочтительно, первое свойство флюида основано на первой частотной

компоненте колебательного отклика, и, по меньшей мере, второе свойство флюида основано на, по меньшей мере, второй частотной компоненте колебательного отклика.

5 Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы возбудить колебания вибрационного расходомера на первой частоте и, по меньшей мере, на второй частоте с, по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

10 Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы разделить колебательный отклик на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту.

15 Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы возбудить колебания расходомера на первой частоте и разделить колебательный отклик на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту, причем первая частотная компонента и, по меньшей мере, вторая частотная компонента создаются колебанием на первой частоте.

20 Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, причем первое измерение плотности производится по известной плотности флюида.

25 Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с электронным измерительным устройством, дополнительно сконфигурированным так, чтобы сравнить первое измерение плотности с ожидаемой плотностью и, если различие между первым измерением плотности и ожидаемой плотностью меньше порогового значения, определить, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность.

30 Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход, с электронным измерительным устройством, дополнительно сконфигурированным так, чтобы сравнить первый массовый расход с ожидаемым массовым расходом и, если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом меньше порогового значения, определить, что первый массовый расход содержит фактический массовый расход.

Предпочтительно, параметр флюида содержит плотность.

Предпочтительно, параметр флюида содержит массовый расход.

40 Предпочтительно, параметр флюида содержит скорость звука флюида.

Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы вычислить ошибку плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

45 Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы скорректировать плотность, исходя из ошибки плотности.

50 Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы вычислить ошибку массового расхода, исходя из рассчитанной скорости звука.

Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы скорректировать массовый расход, исходя из ошибки массового расхода.

Предпочтительно, электронное измерительное устройство дополнительно сконфигурировано так, чтобы сравнить рассчитанную скорость звука с ожидаемой скоростью звука и определить ошибку, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука превышает пороговое значение.

В соответствии с другим аспектом изобретения система вибрационного расходомера для расчета параметра текущего флюида содержит первый расходомер и, по меньшей мере, второй расходомер, и систему обработки, связанную с первым расходомером и, по меньшей мере, вторым расходомером, с системой вибрационного расходомера, отличающейся тем, что:

система обработки сконфигурирована для:

приема первого колебательного отклика от первого расходомера и приема, по меньшей мере, второго колебательного отклика от, по меньшей мере, второго расходомера;

получения первого свойства флюида, исходя из первого колебательного отклика; получения, по меньшей мере, второго свойства флюида, исходя из, по меньшей мере, второго колебательного отклика; и

расчета параметра флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход.

Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так, чтобы возбудить колебания первого расходомера на первой частоте и возбудить колебания, по меньшей мере, второго расходомера на, по меньшей мере, второй частоте с, по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и причем первое измерение плотности производится по известной плотности флюида.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с системой обработки, дополнительно сконфигурированной для:

сравнения первого измерения плотности с ожидаемым измерением плотности; и определения того, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность флюида, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности меньше порогового значения.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с системой обработки, дополнительно сконфигурированной для:

сравнения первого измерения плотности с ожидаемой плотностью; и расчета фактической плотности и скорости звука флюида, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый

расход, с системой обработки, дополнительно сконфигурированной для:
 сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и
 определения того, что первый массовый расход содержит фактический массовый
 расход, если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым
 5 расходом меньше порогового значения.

Предпочтительно, первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство
 флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый
 расход, с системой обработки, дополнительно сконфигурированной для:

10 сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и
 расчета фактического массового расхода и скорости звука флюида, если различие
 между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом превышает
 пороговое значение.

Предпочтительно, параметр флюида содержит плотность.

15 Предпочтительно, параметр флюида содержит массовый расход.

Предпочтительно, параметр флюида содержит скорость звука.

Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так,
 чтобы вычислять ошибку плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

20 Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так,
 чтобы скорректировать плотность, исходя из рассчитанной ошибки плотности.

Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так,
 чтобы вычислить ошибку массового расхода, исходя из рассчитанной скорости звука.

25 Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так,
 чтобы скорректировать массовый расход, исходя из рассчитанной ошибки массового
 расхода.

Предпочтительно, система обработки дополнительно сконфигурирована так,
 чтобы сравнить рассчитанную скорость звука с ожидаемой скоростью звука и
 30 определить ошибку, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой
 скоростью звука превышает пороговое значение.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 изображает вибрационный измеритель, содержащий сборку расходомера и
 электронное измерительное устройство.

35 Фиг.2 - блок-схема последовательности операций способа для расчета скорости
 звука в потоке флюида в соответствии с вариантом реализации изобретения.

Фиг.3 - схема для получения первой частоты и, по меньшей мере, второй частоты в
 соответствии с вариантом реализации изобретения.

40 Фиг.4 - детали участка блоков преобразования Гильберта в соответствии с
 вариантом реализации изобретения.

Фиг.5 - блок-схема блока анализа в соответствии с вариантом реализации
 изобретения.

45 Фиг.6 - схема для получения первой частоты и, по меньшей мере, второй частоты в
 соответствии с вариантом реализации изобретения.

Фиг.7 - система вибрационного расходомера для расчета скорости звука в потоке
 флюида в соответствии с вариантом реализации изобретения.

50 Фиг.8 - блок-схема последовательности операций способа для расчета скорости
 звука в потоке флюида в соответствии с вариантом реализации изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Чертежи на фиг.1-8 и нижеследующее описание демонстрируют конкретные
 примеры, поясняющие специалистам в данной области техники, как реализовать и

использовать наилучший вариант изобретения. С целью пояснения принципов изобретения некоторые обычные объекты были упрощены или опущены.

Специалистам в данной области техники будут очевидны возможные вариации этих примеров, которые находятся в пределах объема притязаний изобретения.

5 Специалистам в данной области техники должны быть очевидны возможные вариации этих примеров, которые находятся в пределах объема притязаний изобретения.

Специалистам в данной области техники будет очевидно, что описанные ниже признаки могут быть объединены различным образом, формируя множественные
10 вариации изобретения. Таким образом, изобретение не ограничивается описанными ниже конкретными примерами, но ограничивается только в соответствии с формулой и ее эквивалентами.

На фиг.1 показан вибрационный измеритель 5, содержащий сборку 10 расходомера и электронное измерительное устройство 20. Измерительная электроника 20 соединена
15 с измерительной сборкой 10 посредством кабелей 100 и сконфигурирована так, чтобы обеспечить измерения одного или нескольких из следующих параметров флюида: плотности, массового расхода, объемного расхода, общего массового расхода, температуры, скорости звука, вязкости, фазового состава и другой информации по
20 каналу 26 связи. Специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что настоящее изобретение может быть использовано для любого типа расходомера Кориолиса, независимо от числа приводов, измерительных датчиков, трубопроводов или типа используемой колебательной моды. Кроме того, следует понимать, что расходомер 5 может альтернативно содержать вибрационный расходомер, в котором
25 отсутствует возможность измерения массового расхода расходомера Кориолиса, например, вибрационный денситометр.

Сборка 10 расходомера включает в себя пару фланцев 101 и 101', манифольды 102 и 102', вибродатчики, включающие в себя привод 104 и измерительные датчики 105
30 и 105', и расходомерные трубки 103А и 103В. Привод 104 и измерительные датчики 105 и 105' присоединены к трубкам 103А и 103В.

Фланцы 101 и 101' прикреплены к манифольдам 102 и 102'. Манифольды 102 и 102' могут быть прикреплены к противоположным концам проставки 106. Проставка 106
35 поддерживает интервал между манифольдами 102 и 102', чтобы предотвратить нежелательные колебания в расходомерных трубках 103А и 103В. Когда сборка 10 расходомера вставляется в трубопроводную систему (не показана), которая переносит измеряемый протекающий материал, протекающий материал входит в сборку 10 расходомера через фланец 101, проходит через входной манифольд 102, где весь
40 протекающий материал направляется на вход расходомерных трубок 103А и 103В, протекает через трубки 103А и 103В и назад, в выходной манифольд 102', где он выходит из измерительной сборки 10 через фланец 101'.

Расходомерные трубки 103А и 103В выбираются и соответственно монтируются на входном манифольде 102 и на выходном манифольде 102' так, чтобы иметь по
45 существу одинаковое массовое распределение, моменты инерции и упругие модули вокруг изгибных осей W-W и W'-W', соответственно. Расходомерные трубки 103А и 103В вытянуты наружу от манифольдов 102 и 102' по существу параллельным образом.

50 Расходомерные трубки 103А и 103В возбуждаются приводом 104 в противоположных направлениях вокруг соответственных изгибных осей W и W', на которых проявляется первая несинфазная изгибная мода расходомера 5. Привод 104 может содержать одно из многих известных устройств, например, магнит,

установленный на трубке 103А, и противостоящую катушку, установленную на расходомерной трубке 103В. Через противостоящую катушку проходит переменный ток, заставляя оба трубопровода колебаться. Соответствующий возбуждающий сигнал подается электронным измерительным устройством 20 на привод 104 через соединительный кабель 110.

Электронное измерительное устройство 20 может вырабатывать приводной сигнал заданной частоты. Электронное измерительное устройство 20 может вырабатывать приводной сигнал на различных частотах, включая множественные перекрывающиеся частоты.

Электронное измерительное устройство 20 принимает сигналы датчика по соединительным кабелям 111 и 111', соответственно. Электронное измерительное устройство 20 производит приводной сигнал на соединительном кабеле 110, который посредством привода 104 заставляет колебаться расходомерные трубки 103А и 103В. Электронное измерительное устройство 20 обрабатывает сигналы левой и правой скорости от измерительных датчиков 105 и 105', чтобы рассчитать массовый расход. В некоторых вариантах реализации электронное измерительное устройство 20 может обрабатывать сигналы, принятые от привода 104, для расчета массового расхода. Канал связи 26 предоставляет входное и выходное средство, которое позволяет соединять электронное измерительное устройство 20 с оператором или с другими электронными системами. Описание фиг.1 предоставляется исключительно как пример работы расходомера Кориолиса и не является ограничением принципов настоящего изобретения.

Преимущественно, имеющиеся низкочастотные вибрационные расходомеры могут точно измерить плотность, когда негативные эффекты от скорости звука не слишком велики. Поэтому, измеренные с помощью низкочастотных вибрационных расходомеров плотности, как общеизвестно в данной области техники, обычно считаются как имеющие точные значения. И наоборот, имеются высокочастотные измерители, которые точно измеряют частоту колебаний измерителя, но характеризуются дополнительными ошибками, вызванными эффектами скорости звука при измерениях плотности. Эти две характеристики преимущественно используются для точного и надежного определения плотности и других характеристик потока.

На фиг.2 показана блок-схема 200 последовательности операций способа для расчета параметра флюида в соответствии с вариантом реализации изобретения. Параметр флюида может содержать, но без ограничения, скорость звука, массовый расход или плотность. Нижеприведенное рассмотрение часто относится к параметру флюида, как содержащему скорость звука. Следует отметить, что это представляет собой просто один пример, и настоящее изобретение не ограничивается рассмотренными конкретными вариантами реализации. На этапе 201 в сборке расходомера вибрационного расходомера возбуждаются колебания. Только единственный вибрационный расходомер необходим для этого варианта реализации изобретения. Колебания сборки расходомера могут быть возбуждены на одной или нескольких частотах.

В одном варианте реализации изобретения сборка расходомера колеблется на единственной приводной частоте. Единственная приводная частота может создать колебательный отклик, включающий в себя первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту, поскольку колебание измерительной сборки на единственной приводной частоте может вызвать множественные

компоненты частотного отклика. Например, шум, созданный потоком через расходомер, обычно приводит к колебаниям в сборке расходомера, по меньшей мере, на второй частоте. По меньшей мере, вторая частота обычно будет частотой, отличной от приводной частоты. Эта, по меньшей мере, вторая частотная компонента колебательного отклика обычно намного меньше по амплитуде, чем первая частотная компонента. Однако, по меньшей мере, вторая частотная компонента может быть усилена и обработана. Первый колебательный частотный отклик и, по меньшей мере, второй колебательный частотный отклик могут впоследствии быть обработаны в соответствии с нижеприведенными этапами.

В другом варианте реализации сборка расходомера единственного расходомера колеблется на первой приводной частоте и также колеблется на, по меньшей мере, второй приводной частоте. По меньшей мере, вторая приводная частота отличается от первой приводной частоты. В соответствии с вариантом реализации изобретения первая приводная частота содержит низкую частоту, и, по меньшей мере, вторая приводная частота содержит более высокую приводную частоту. Следует понимать, что единственный вибрационный расходомер может требовать калибровки и для первой приводной частоты и, по меньшей мере, для второй приводной частоты. Единственный вибрационный расходомер может быть откалиброван, используя и воздух, и воду, например. Первая и вторая приводные частоты создают колебательный отклик, содержащий первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. Следует отметить, что чем больше используется приводных частот, тем больше получается колебательных откликов. Поэтому, в некоторых вариантах реализации используются больше двух приводных частот, чтобы увеличить точность рассчитываемого параметра флюида.

В другом варианте реализации изобретения сборка расходомера колеблется на первой приводной частоте и затем на, по меньшей мере, второй приводной частоте. Альтернативно, расходомер может одновременно колебаться и на первой приводной частоте, и на, по меньшей мере, второй приводной частоте. Это может быть достигнуто, если приводной сигнал содержит смесь из этих двух или более частот, например. В результате, колебательный отклик расходомера включает в себя, по меньшей мере, две составляющие частоты.

Во всех вышеупомянутых вариантах реализации колебательный отклик производит единственный вибрационный расходомер. В некоторых вариантах реализации колебательный отклик содержит первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. Однако следует отметить, что если вибрационный расходомер колеблется только на более высокой приводной частоте, колебательный отклик может содержать только одночастотную компоненту. Колебательный отклик впоследствии может быть обработан в соответствии с приведенными ниже этапами.

На этапе 202 колебательный отклик принимается от единственного вибрационного расходомера. Колебательный отклик может быть принят от измерительных датчиков 105А, 105В или, альтернативно, от привода 104. Колебательный отклик может включать в себя первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. По меньшей мере, вторая частотная компонента содержит частоту, отличающуюся от первой частотной компоненты. Например, как рассмотрено выше, по меньшей мере, вторая частотная компонента может содержать более высокую частоту, чем первая частотная компонента. Колебательный отклик может быть обработан, чтобы получить первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. Обработка может содержать

разделение колебательного отклика на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. Обработка может содержать разделение колебательного отклика на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту, например, с помощью полосовых фильтров.

5 На этапе 203 получается первое свойство флюида. Первое свойство флюида может содержать плотность, массовый расход, объемный расход, вязкость и т.д. Этот список не исчерпывающий, и специалисты в данной области техники легко распознают дополнительные свойства флюидов, которые могут быть получены. Нижеприведенное
10 рассмотрение относится к первому свойству флюида, содержащему измерение плотности, исключительно ради ясности и никоим образом не должно ограничивать объем притязаний изобретения. В соответствии с вариантом реализации изобретения первое измерение плотности производится с использованием первой частоты, получаемой из первой частотной компоненты. В соответствии с другим вариантом
15 реализации изобретения первое измерение плотности производится по сохраняемому или известному значению плотности. В соответствии с вариантом реализации изобретения предполагается, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность текущего материала. Следует понимать, что термин "фактическая"
20 плотность служит для обозначения плотности, которая получилась бы, если бы не было ошибок в скорости звука. Поэтому, хотя используется термин фактическая плотность, рассчитанная фактическая плотность может все же содержать ошибки, вызванные другими переменными, и, поэтому, может отличаться от истинной плотности. Предположение, что первое измерение плотности содержит фактическую
25 плотность, обычно выполняется точно тогда, когда первая частота содержит частоту, достаточно низкую, чтобы эффекты скорости звука, которые создают ошибки в измерениях плотности, были бы относительно малыми и, поэтому, оказывали бы слабое влияние, если таковое все-таки имеется. Однако в некоторых приложениях это
30 может не быть реалистическим предположением. Поэтому, первое измерение плотности может быть сравнено с ожидаемой плотностью, сохраняемой или получаемой из справочной таблицы, например, и может быть отвергнуто, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение. Альтернативно, если различие между первым
35 измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение, для расчета скорости звука могут использоваться множественные уравнения, а не единственное уравнение. Более подробно это объясняется ниже. Пороговое значение может быть сохраняемым значением или может быть вводимым
40 пользователем/оператором. Альтернативно, пороговое значение может быть выбрано пользователем/оператором, исходя из требования к точности измерения. Кроме того, ожидаемая плотность может быть сохраняемым значением или может быть введена пользователем/оператором. Альтернативно, ожидаемая плотность может быть
45 основанной на предыдущих измерениях. В других вариантах реализации первое измерение плотности может быть произведено по сохраняемому или известному значению. Иначе говоря, первое измерение плотности необязательно должно быть произведено по первой частотной компоненте.

50 На этапе 204 получается, по меньшей мере, второе свойство флюида. По меньшей мере, второе свойство флюида может содержать плотность, массовый расход, объемный расход, вязкость и т.д. Этот список не является исчерпывающим, и специалисты в данной области техники легко распознают дополнительные свойства флюидов, которые могут быть получены. По меньшей мере, второе свойство флюида

может содержать то же самое свойство флюида, что и первое свойство флюида, или может содержать отличающееся свойство флюида. По меньшей мере, второе свойство флюида описывается ниже как содержащее измерение плотности исключительно для ясности и никоим образом не должно ограничивать объем притязаний изобретения. В соответствии с вариантом реализации изобретения, по меньшей мере, второе измерение плотности производится с использованием, по меньшей мере, второй частоты, по меньшей мере, второй частотной компоненты. Как рассмотрено выше, в соответствии с вариантом реализации изобретения, по меньшей мере, вторая частота отличается от первой частоты. Следовательно, вследствие колебания протекающего материала на различных частотах и образующихся эффектов скорости звука первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности будут различаться. Это может быть справедливо, например, когда первое измерение плотности содержит фактическую плотность, и второе измерение плотности получается на более высокой частоте, когда измерение плотности содержит ошибки из-за эффектов скорости звука. Эти различия могут быть использованы, чтобы определить различные параметры флюидов, используя разнообразные модели. Параметр флюида может содержать, например, скорость звука, плотность или массовый расход. Следует отметить, что предоставленные ниже модели представляют собой просто примеры, и специалисты в данной области техники легко распознают различные дополнительные модели, которые пригодны для измерения дополнительных параметров флюидов. Одна примерная модель предоставляется уравнением (3).

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_1 d}{2} \right)^2 \\ 1 & \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_2 d}{2} \right)^2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_n d}{2} \right)^2 \end{bmatrix} \left\{ \begin{matrix} \rho_{actual} \\ \beta \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_n \end{matrix} \right\} \quad (3),$$

где: $\beta = \frac{\rho_{actual}}{c^2}$.

С использованием такой матрицы, как показанная в уравнении (3), могут быть определены различные параметры флюидов. Конкретное число определяемых параметров флюида может зависеть, например, от числа используемых колебательных частот. В матрице каждая частота, на которой расходомер колеблется, может предоставить другое уравнение. Следует отметить, что хотя данное рассмотрение ограничено определением фактической плотности и скорости звука флюида, используя первое и, по меньшей мере, второе измерение плотности, другие параметры флюидов могут быть определены просто посредством возбуждения колебаний расходомера на большем количестве частот или используя другие математические модели. Например, в некоторых вариантах реализации, например, когда флюид содержит газ, измерения плотности могут не обеспечить адекватное разрешение. Однако измерения массового расхода могут предоставить адекватное разрешение. Поэтому, вместо использования измерения плотности может использоваться измерение массового расхода, основанное на уравнении (2). Это приводит к модели, которая отображается уравнением (4):

$$\begin{matrix} 5 \\ 10 \end{matrix}
 \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_1 d}{2} \right)^2 \\ 1 & \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_2 d}{2} \right)^2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_n d}{2} \right)^2 \end{bmatrix}
 \begin{Bmatrix} \cdot \\ m_{actual} \\ \beta \end{Bmatrix}
 =
 \begin{Bmatrix} \cdot \\ m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_n \end{Bmatrix}
 \quad (4),$$

где $\beta = \frac{\dot{m}_{actual}}{c^2}$. Поэтому, матрица (4) может быть использована подобным же образом, как и матрица (3).

На этапе 205 параметр флюида текущего материала определяется, исходя из первого измерения плотности и, по меньшей мере, второго измерения плотности. В соответствии с вариантом реализации изобретения параметр флюида может содержать скорость звука, например. В нижеприведенном рассмотрении, исключительно для примера, часто предполагается, что параметр флюида содержит скорость звука. Поэтому, настоящее изобретение не должно быть ограничено расчетом скорости звука. В соответствии с вариантом реализации изобретения скорость звука для текущего материала может быть определена, используя уравнение (5).

$$\frac{\rho_{second} - \rho_{first}}{\rho_{first}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{second} d}{2c} \right)^2,$$

где:

- 25 ρ_{first} - первое измерение плотности,
- ρ_{second} - второе измерение плотности,
- ω_{second} - по меньшей мере, вторая частота,
- d - внутренний диаметр расходомерной трубки 103А, 103В,
- 30 c - скорость звука текущего материала.

В соответствии с вариантом реализации изобретения, если первое измерение плотности рассматривается как содержащее фактическую плотность, то есть различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности находится в пределах порогового значения, то уравнение (5) может использоваться самостоятельно для разрешения относительно скорости звука текущего материала. Как отмечено выше, в некоторых вариантах реализации первое измерение плотности производится, исходя из известного или сохраняемого измерения плотности. Поэтому, первое измерение плотности необязательно должно быть произведено, исходя из первой частотной компоненты колебательного отклика. Первое измерение плотности может быть введено пользователем/оператором или извлечено из устройства памяти, или подобного этому. Все в уравнении (5), за исключением скорости звука, может быть измерено с использованием первой частотной компоненты и, по меньшей мере, второй частотной компоненты, как рассмотрено выше. Поэтому, скорость звука для текущего материала может быть рассчитана на основании первого измерения плотности, полученного от первой частоты, и, по меньшей мере, второго измерения плотности, полученного от, по меньшей мере, второй частоты. Используя первое и, по меньшей мере, второе измерения плотности, вычисление скорости звука может быть произведено с использованием единственного вибрационного расходомера, без необходимости во внешней измерительной электронике, как в технике предшествующего уровня. Альтернативно, может быть использован не один, а большее число расходомеров, как рассматривается ниже. Следует отметить, что хотя

уравнение (5) при желании может использоваться всякий раз, оно обеспечивает наиболее точное вычисление, когда различие между первым измерением плотности и фактической плотностью флюида находится в пределах порогового значения. Как рассмотрено выше, это представляет собой разумное предположение, если эффекты скорости звука не создают существенной ошибки в плотности, получаемой на первой частоте. Кроме того, следует отметить, что уравнение (5) представляет собой только

один пример модельного уравнения, и предполагаются и другие модели, находящиеся в объеме изобретения. Поэтому, могут быть рассчитаны и другие параметры флюида. В некоторых ситуациях не разумно предполагать, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность флюида. Поэтому, в соответствии с вариантом реализации изобретения, если различие между первым измерением плотности и фактической плотностью превышает пороговое значение, могут быть использованы два уравнения для разрешения относительно параметра флюида. В соответствии с вариантом реализации изобретения параметр флюида может содержать фактическую плотность флюида. В соответствии с другим вариантом реализации изобретения параметр флюида может содержать скорость звука. В соответствии с другим вариантом реализации изобретения параметр флюида может содержать фактический массовый расход. Следует понимать, что термин "фактический" массовый расход служит для обозначения массового расхода, который был бы получен без эффектов скорости звука.

$$\frac{\rho_{first} - \rho_{actual}}{\rho_{actual}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{first} d}{2c} \right)^2 \quad (6)$$

$$\frac{\rho_{second} - \rho_{actual}}{\rho_{actual}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{second} d}{2c} \right)^2 \quad (7)$$

Поэтому, уравнения (6) и (7) могут быть использованы в комбинации, когда первое измерение плотности не предполагается фактической плотностью, или в ситуациях, когда фактическая плотность неизвестна. Это может быть определено, например, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое различие, например. Это также может быть справедливо, если вибрационный измеритель рассматривается как высокочастотный измеритель, где влияние скорости звука на считывание плотности приводит к чрезмерным ошибкам даже на первой частоте.

Поэтому, следует отметить, что в соответствии с другим вариантом реализации изобретения рассчитанная скорость звука может быть использована, чтобы компенсировать эффекты скорости звука в более высокочастотных измерителях. Например, если скорость звука рассчитана для данного флюида при данной температуре, используя уравнение (5), то эта рассчитанная скорость звука может быть использована в более высокочастотных измерителях, чтобы компенсировать ошибки плотности или массового расхода из-за эффектов скорости звука, используя уравнения (1) и (2), например. Однако, чтобы это сделать в высокочастотном измерителе, или должна быть известна фактическая плотность флюида, или должны быть использованы оба уравнения (6) и (7). Они представляют собой два уравнения для двух неизвестных (скорость звука для флюида и фактическое измерение плотности). Поэтому, эффекты скорости звука в высокочастотном измерителе можно теперь компенсировать, используя способ в соответствии с настоящим изобретением.

Следует понимать, что настоящее изобретение не ограничивается уравнениями (6) и (7), и специалисты в данной области техники легко распознают другие подобные уравнения, которые могут быть использованы, чтобы вычислить другие параметры флюидов, используя первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

Расчитанная скорость звука может быть использована в разнообразных целях. В соответствии с одним вариантом реализации изобретения расчитанная скорость звука может быть использована вместе с уравнениями (1) и (2), например, для вычисления ошибки в будущих измерениях плотности и массового расхода. Это особенно полезно в вариантах реализации, где расходомер работает на приводной частоте, достаточно высокой, чтобы вызвать ошибки в измерениях плотности и массового расхода вследствие эффектов скорости звука.

Настоящее изобретение было описано в связи с вибрационным измерителем. Хотя вышеприведенное рассмотрение, прежде всего, относилось к расходомеру Кориолиса, следует понимать, что во многих вариантах реализации изобретение может быть использовано с другими вибрационными измерителями, которые не включают в себя возможности расходомера Кориолиса. Например, вибрационный измеритель может содержать вибрационный денситометр. Однако могут быть случаи, когда желательны массовый и/или объемный расходы. Поэтому, могут быть ситуации, когда реализован массовый расходомер Кориолиса, но возможности измерения массового расхода используются только при случае. Посредством расчета скорости звука флюида настоящее изобретение позволяет расчитать также и массовый расход. Это особенно точно реализуется для сжимаемых флюидов, например, для газов.

Следует отметить, что настоящее изобретение может быть использовано для множества целей, если только определена скорость звука для флюида. Например, в газах две переменные, которые часто оказываются трудными для определения, - это отношение теплоемкостей газа k и индивидуальной газовой постоянной компонентов R . Два уравнения для газа, которые часто оказываются полезными, - это скорость звука в идеальном газе и уравнение состояния идеального газа:

$$c = \sqrt{kRT} \quad (8),$$

где: k - отношение теплоемкостей газа,

R - индивидуальная газовая постоянная компонентов,

T - температура.

$$P = \rho RT \quad (9),$$

где:

P - давление,

ρ - фактическая плотность флюида.

Преимущественно, во многих вибрационных расходомерах температура является известной переменной. Поэтому, как только скорость звука определена, остающиеся переменные могут быть легко вычислены. Эти два уравнения могут часто использоваться отдельно или в комбинации, как только скорость звука известна, для определения любого числа свойств системы, например, молекулярной массы смеси, эффективности компрессора, коррекции измерения и т.д. Конкретные примеры ни в коем случае не должны ограничивать объем притязаний изобретения, но предоставляются исключительно для способствования пониманию полезности настоящего изобретения и предоставления примеров того, как расчитанная скорость звука может быть использована.

Одно конкретное преимущество вышеупомянутого способа заключается в том, что

скорость звука флюида в вибрационном измерителе может контролироваться для изменений. Изменение скорости звука флюида может быть показательным для множества состояний. В соответствии с вариантом реализации изобретения рассчитанная скорость звука для флюида может быть сравнена с предварительно рассчитанной скоростью звука. Сравнение может быть использовано как диагностика для определения изменения состава флюида, например. В других вариантах реализации сравнение может быть использовано для определения изменения во флюидной фазе, например.

В применениях расходомера Кориолиса хорошо известно, что изменение во флюидной фазе, например, вовлеченный во флюид газ, может быть определено, исходя из изменения коэффициента передачи привода. Однако может быть так, что для воздействия на коэффициент передачи привода количество вовлеченного газа должно быть выше определенного порогового количества. Конкретное пороговое значение может зависеть от условий и контролируемых флюидов. В данном случае заявителем было установлено, что намного более низкий уровень вовлеченного газа может быть обнаружен посредством контролируемого изменения скорости звука для флюида.

Обычно, скорость звука для флюида больше скорости звука для газа того же самого состава. Однако, скорость звука смешанной фазы обычно ниже, чем для любой из чистых фаз. Для многих составов скорость звука значительно падает, когда флюид содержит одну фазу с малыми количествами вовлеченной второй фазы, например жидкость с малыми количествами вовлеченного газа, или, альтернативно, жидкость или газ с вовлеченным твердым веществом, или газ с вовлеченными жидкими каплями. Одна из главных причин заключается в том, что сжимаемость значительно изменяется, тогда как плотность смеси остается относительно постоянной. Поэтому, скорость звука для флюида может быть определена в соответствии с одним из способов, предлагаемых в настоящей заявке, и сравнена с ожидаемой скоростью звука. Если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука больше порогового значения, электронное измерительное устройство 20 или, альтернативно, пользователь/оператор могут определить ошибку. Ошибка может содержать определение того, что состав флюида и/или флюидная фаза изменились, например. Ожидаемая скорость звука может быть основанной на предварительно рассчитанной скорости звука, или она может быть получена из справочной таблицы, или значением, сохраняемым в памяти или вводимым пользователем/оператором, и т.д.

Следует отметить, что хотя при сравнении, как описано выше, сравнивается первая рассчитанная скорость звука с, по меньшей мере, второй скоростью звука, сравнение может быть произведено между рассчитанной скоростью звука для флюида и ожидаемой скоростью звука. Поэтому, необходимо произвести только одно вычисление, чтобы выполнить рассмотренную выше диагностику.

Массовый или объемный расходы могут быть рассчитаны, как только рассчитана скорость звука с использованием уравнения (10), которое предоставляет отношение плотностей между плотностью в расходомерной трубке 103A, 103B и плотностью в застойной зоне:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{k-1}{2} \right) Ma^2} \right]^{\frac{1}{k-1}} \quad (10),$$

где:

ρ - плотность в пределах расходомерной трубки,

ρ_0 - плотность застойной зоны,

k - отношение теплоемкостей газа (рассчитанное из приведенных выше уравнений (8) или (9)),

Ma - число Маха.

Уравнение (10) может, поэтому, использоваться, чтобы вычислить число Маха, которое также определяется как:

$$Ma = \frac{V}{c},$$

где V - скорость флюида. Поэтому, поскольку скорость звука уже известна, объемный расход \dot{Q} может быть рассчитан, если известна площадь сечения

расходомерной трубки, на основании уравнений (11) и (12).

$$\dot{Q} = A * V,$$

где A - площадь сечения расходомерной трубки. Поскольку плотность также известна, массовый расход также может быть рассчитан, как это обычно делается в данной области техники.

Поэтому, настоящее изобретение позволяет рассчитать массовый и/или объемный расход, используя вибрационный денситометр и исходя из рассчитанной скорости звука флюида.

Как рассмотрено выше, настоящее изобретение требует получения первого и, по меньшей мере, второго измерения плотности. Первое и, по меньшей мере, второе измерения плотности могут быть основанными на первом и, по меньшей мере, втором частотном отклике. Ниже приводится рассмотрение того, как создаются частотные отклики в соответствии с вариантом реализации изобретения.

На фиг.3 показана схема 300 для получения первой частоты и, по меньшей мере, второй частоты в соответствии с вариантом реализации изобретения. Этот вариант реализации используется с единственным вибрационным расходомером, и, поэтому, схема 300 соединена с единственным измерительным датчиком 105, 105' вибрационного расходомера 5. Схема 300 может содержать участок измерительного электронного устройства 20. Альтернативно, схема 300 может содержать участок системы 707 обработки (см. фиг.7 и сопровождающее рассмотрение). Схема 300 включает в себя фильтры 302А и 302В, преобразователи 304А и 304В Гильберта и блоки 306А и 306В анализа.

Фильтр 302А отфильтровывает первую частотную компоненту (то есть "низкочастотную моду" в некоторых вариантах реализации) от измерительных датчиков 105, 105', тогда как фильтр 302В отфильтровывает, по меньшей мере, вторую частотную компоненту (то есть высокочастотную моду в некоторых вариантах реализации). Поэтому, фильтры 302А и 302В создают две отдельных ветви обработки. При желании могут быть сконфигурированы больше чем две ветви обработки, например, если используются больше чем две колебательные частоты.

В одном варианте реализации фильтрация может содержать полосовую фильтрацию с центром вблизи ожидаемой фундаментальной частоты расходомера.

Фильтрация может включать в себя фильтрацию для удаления шума и нежелательных сигналов. Кроме того, могут быть выполнены другие операции преобразования сигнала, например, усиление, буферизация и т.д. Если сигналы датчика содержат аналоговые сигналы, этот блок может дополнительно содержать любой вариант осуществления дискретизации, оцифровки и прореживания, которые выполняются для получения цифровых сигналов датчика.

В некоторых вариантах реализации фильтры 302А и 302В мод содержат цифровые фильтры Конечного Импульсного Отклика (FIR) многофазного прореживания.

Однако следует понимать, что фильтры мод необязательно содержат фильтры FIR, и поэтому конкретные используемые фильтры не должны ограничивать объем притязаний настоящего изобретения. В соответствии с вариантом реализации изобретения фильтры могут быть осуществлены в устройстве обработки или подпрограмме обработки измерительного электронного устройства 20 или системы 707 обработки. Эти фильтры предоставляют оптимальный способ для фильтрации и прореживания сигнала измерительного датчика, с фильтрацией и прореживанием, выполняемым в то же самое хронологическое время и при той же самой частоте прореживания. Альтернативно, фильтры 302А и 302В могут содержать фильтры Бесконечного Импульсного Отклика (IIR), или другие подходящие цифровые фильтры или процессы фильтрации. Однако следует понимать, что другие процессы фильтрации и/или варианты реализации фильтрации предполагаются и находятся в объеме описания и формулы.

Преобразователь 304А Гильберта сдвигает по фазе первую частотную компоненту примерно на девяносто градусов, и преобразователь 304В Гильберта сдвигает по фазе, по меньшей мере, вторую частотную компоненту примерно на девяносто градусов. Операция фазового сдвига создает I и Q компоненты (то есть совпадающую по фазе и квадратурную компоненты) соответствующих частотных компонент. Однако следует понимать, что 90-градусный фазовый сдвиг может быть выполнен любым вариантом механизма фазового сдвига или соответствующей операции.

Компоненты I и Q принимаются и обрабатываются блоками 306А и 306В анализа. Обработка производит первую частоту f_A и, по меньшей мере, вторую частоту f_B . Первая частота f_A и, по меньшей мере, вторая частота f_B могут быть использованы для получения первой плотности и, по меньшей мере, второй плотности.

Частота в соответствии с вариантом реализации изобретения преимущественно рассчитывается из 90-градусного фазового сдвига. Частота в одном варианте реализации использует 90-градусный фазовый сдвиг и соответствующий сигнал датчика, из которого 90-градусный фазовый сдвиг выводится (то есть от I и Q компоненты).

Выведенная таким образом частота получается без необходимости в каком-либо независимом опорном сигнале частоты. Частота получается от единственного 90-градусного фазового сдвига и в очень быстрой операции. Получаемая частота имеет высокую степень точности.

На фиг.4 показаны детали участка блоков 304А и 304В преобразования Гильберта в соответствии с вариантом реализации изобретения. В показанном варианте реализации каждый из блоков 304А и 304В преобразования Гильберта включает в себя блок 411 задержки параллельно с блоком 412 фильтрации. Блок 411 задержки вводит задержки осуществления выборки. Поэтому, блок 411 задержки отбирает выборки цифрового сигнала, хронологически более поздние, чем выборки цифрового сигнала, которые параллельно фильтруются блоком 412 фильтрации. Блок 412 фильтрации

выполняет 90-градусный фазовый сдвиг введенной выборки цифрового сигнала.

Блоки 304А и 304В преобразования Гильберта производят сдвинутые по фазе на 90 градусов версии измерительных сигналов, то есть они производят квадратурную (Q) компоненту исходного синфазного (I) сигнала. Поэтому, выходной сигнал

5 блоков 304А и 304В преобразования Гильберта предоставляет новые квадратурные (Q) компоненты PO Q и PO Q для первого и, по меньшей мере, второго колебательных откликов, наряду с компонентами исходного синфазного (I) сигнала для первого и, по меньшей мере, второго колебательных откликов.

10 Входные сигналы для блоков 304А и 304В преобразования Гильберта могут быть представлены как:

$$PO = A_{PO} \cos(\omega t) \quad (13).$$

Используя преобразования Гильберта выходной сигнал принимает вид:

$$15 \quad PO = A_{PO} \sin(\omega t) \quad (14).$$

Объединение исходных выражений с результатом преобразования Гильберта дает:

$$PO = A_{PO} [\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)] = A_{PO} e^{j(\omega t)} \quad (15).$$

На фиг.5 показана блок-схема блока 306А или 306В анализа в соответствии с вариантом реализации изобретения. Блок 306А или 306В анализа принимает сигнал от

20 единственного измерительного (PO) датчика. Блок 306А или 306В анализа в показанном варианте реализации включает в себя блок 501 объединения, блок 502 комплексного сопряжения, блок 503 осуществления выборки, блок 504 комплексного умножения, блок 505 фильтрации, блок 506 фазового угла, блок 507 константы и

25 блок 508 деления.

Блок 501 объединения принимает и синфазную (I), и квадратурную (Q) компоненты конкретного колебательного отклика и передает их. Блок 502 сопряжения выполняет комплексное сопряжение колебательного отклика и формирует обратную величину

30 мнимого сигнала. Блок 503 задержки вводит задержку осуществления выборки в блок 306А или 306В анализа и поэтому отбирает выборку цифрового сигнала, которая хронологически старше по времени. Эта старшая выборка цифрового сигнала умножается на текущий цифровой сигнал в блоке 504 комплексного умножения. Блок 504 комплексного умножения умножает PO сигнал и PO сопряженный сигнал,

35 осуществляя приведенное ниже уравнение (20). Блок 505 фильтрации осуществляет цифровую фильтрацию, например, рассмотренную выше FIR фильтрацию. Блок 505 фильтрации может содержать фильтр многофазного прореживания, который используется для удаления гармоник из синфазной (I) и квадратурной (Q) компонент сигнала датчика так же, как для прореживания сигнала. Коэффициенты фильтрации

40 могут быть выбраны так, чтобы предоставить прореживание вводимого сигнала, например, прореживание с коэффициентом 10. Блок 506 фазового угла определяет фазовый угол из синфазной (I) и квадратурной (Q) компонент PO сигнала. Блок 506 фазового угла осуществляет участок приведенного ниже уравнения (16). Блок 507

45 константы подает коэффициент, содержащий частоту выборки F_s , разделенную на 2π , как показано в уравнении (18). Блок 508 деления выполняет операцию деления уравнения (18).

Блок 306А или 306В анализа осуществляет следующее уравнение:

$$50 \quad PO_{n-1} \times PO_n = A_{PO} e^{-j(\omega t_{n-1})} \times A_{PO} e^{j(\omega t_n)} = A_{PO}^2 e^{j(\omega t_n - \omega t_{n-1})} \quad (16).$$

Поэтому, угол между двумя последовательными выборками составляет:

$$\omega t - \omega t_{-1} = \tan^{-1} \left[\frac{\sin(\omega t - \omega t_{-1})}{\cos(\omega t - \omega t_{-1})} \right] \quad (17),$$

который представляет собой угловую частоту колебательного отклика.
Преобразование в частоту в Гц имеет вид:

$$f_{PO} = \frac{(\omega t - \omega t_{-1}) \times F_s}{2\pi} \quad (18),$$

где "F_s" - частота блока 304А или 304В преобразования Гильберта.

На фиг.6 показана схема 300 для получения первой частоты и, по меньшей мере, второй частоты в соответствии с вариантом реализации изобретения. Для компонентов, общих с другими вариантами реализации, используются те же самые цифровые обозначения. Этот вариант реализации отличается от предыдущего варианта реализации 300 тем, что дополнительно включает в себя усредняющий фильтр 609.

Этот вариант реализации аналогично принимает колебательный отклик от единственного измерительного датчика 105, 105'. Однако единственный вибрационный расходомер в этом варианте реализации может колебаться только на единственной частоте, причем шум в расходомере создает второй колебательный отклик, как рассмотрено выше. Поэтому, схема 300 использует шум в поточной системе. Поскольку поточный шум малого уровня будет провоцировать возбуждение мод датчика, колебательный отклик самоиндуцированной высокочастотной моды будет обнаруживаемым, даже если приводной сигнал не будет подаваться. Это означает, что требуется только один приводной сигнал.

Этот способ требует намного большей фильтрации, поскольку сигнал высокочастотной моды (который не усиливается приводом) будет иметь намного меньшую амплитуду. Поскольку приблизительный частотный диапазон этого колебательного отклика с более высокочастотной модой известен, то меньшая амплитуда не представляет собой существенной проблемы. Кроме того, другая проблема заключается в том, что из-за более низкой амплитуды измерение плотности будет также и намного более зашумленным. Если более медленные времена отклика приемлемы, то эта проблема может быть устранена усреднением многих выборок после того, как измерение частоты произведено. С этой целью усредняющий фильтр 609 может усреднить, по меньшей мере, вторую частоту, чтобы улучшить определение частоты и уменьшить шум и ошибки в результате.

На фиг.7 показана система 700 вибрационного расходомера в соответствии с другим вариантом реализации изобретения. Система 700 вибрационного расходомера включает в себя первый расходомер 5А и, по меньшей мере, второй расходомер 5В. Расходомеры 5А и 5В связаны трубопроводом 711. Оба расходомера 5А и 5В измеряют текущий материал, протекающий в трубопроводе 711. Система 707 обработки присоединена к первому расходомеру 5А и, по меньшей мере, ко второму расходомеру 5В. Система 707 обработки принимает первый колебательный отклик от первого расходомера 5А и принимает, по меньшей мере, второй колебательный отклик от, по меньшей мере, второго расходомера 5В. Система 707 обработки может определить первую плотность, по меньшей мере, вторую плотность и скорость звука для текущего материала, как рассмотрено выше и как рассматривается ниже в связи с фиг.8.

На фиг.8 показана блок-схема 800 последовательности операций способа для определения параметра флюида в соответствии с вариантом реализации изобретения. На этапе 801 начинает колебаться первый вибрационный расходомер и, по меньшей мере, второй вибрационный расходомер. Первый вибрационный расходомер колеблется на первой частоте и создает первый колебательный отклик. По меньшей

мере, второй вибрационный расходомер колеблется, по меньшей мере, на второй частоте и создает, по меньшей мере, второй колебательный отклик.

5 Два или несколько вибрационных расходомеров используются в соответствии с этим вариантом реализации изобретения. Следует понимать, что могут быть включены больше чем два вибрационных расходомера и могут быть приняты больше чем два вибрационных отклика. Множественные колебательные отклики могут быть использованы и могут дополнительно усовершенствовать расчеты параметра флюида.

10 На этапе 802 первый колебательный отклик и, по меньшей мере, второй колебательный отклик принимаются от первого вибрационного расходомера и, по меньшей мере, второго вибрационного расходомера. По меньшей мере, второй колебательный отклик содержит частоту, отличающуюся от первого колебательного отклика, как рассмотрено выше.

15 На этапе 803 создается первое свойство флюида, как рассмотрено выше.

На этапе 804, по меньшей мере, создается второе свойство флюида, как рассмотрено выше.

20 На этапе 805 параметр текущего флюида рассчитывается, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида, как рассмотрено выше.

25 Вышеописанное изобретение позволяет пользователю/оператору вибрационного измерителя вычислять различные параметры флюидов. Вычисление может быть выполнено на основании колебательного отклика. Колебательный отклик может включать в себя, по меньшей мере, первую и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту. Первая и, по меньшей мере, вторая частотные компоненты могут быть результатом возбуждения колебаний расходомера на множественных частотах. Альтернативно, первая и, по меньшей мере, вторая частотные компоненты могут быть результатом возбуждения колебаний расходомера на единственной частоте. Поэтому, настоящее изобретение не требует использования отдельных акустических измерителей для измерения скорости звука, как требуется в данной области техники предшествующего уровня.

30 Кроме того, в некоторых вариантах реализации настоящее изобретение может позволить вычислить скорость звука только с единственным расходомером.

35 Рассчитанная скорость звука может быть использована множеством различных вариантов, как рассмотрено выше. Следует отметить, что рассмотренные выше воплощения представляют собой просто примеры для демонстрации полезности настоящего изобретения и никоим образом не должны ограничивать объем притязаний настоящего изобретения. В действительности, применимость настоящего изобретения намного больше чем рассмотренные выше ограниченные примеры.

40 Подробные описания вышеупомянутых вариантов реализации не представляют собой исчерпывающие описания всех вариантов реализации, рассмотренных изобретателями, как находящиеся в объеме притязаний изобретения. Действительно, 45 специалисты в данной области техники распознают, что определенные элементы вышеописанных вариантов реализации могут быть по-разному объединены или устранены, чтобы создать дополнительные варианты реализации, и такие дополнительные варианты реализации находятся в объеме притязаний и принципов изобретения. Специалистам в данной области техники будет также очевидно, что 50 вышеописанные варианты реализации могут быть объединены полностью или частично, чтобы создать дополнительные варианты реализации в пределах объема притязаний и принципов изобретения.

Таким образом, хотя конкретные варианты реализации и примеры изобретения описаны здесь в иллюстративных целях, различные эквивалентные модификации возможны в рамках изобретения, как распознают специалисты в данной области техники. Предложенные здесь принципы могут быть применены к другим
5
вибрационным измерителям, а не только к описанным выше и показанным на сопровождающих чертежах вариантам реализации. Соответственно, объем притязаний изобретения должен быть определен из нижеследующей формулы.

Формула изобретения

1. Способ для расчета скорости звука флюида, текущего, по меньшей мере, через первый вибрационный расходомер, содержащий этапы, на которых:

возбуждают колебания расходомера на одной или нескольких частотах;

принимают колебательный отклик;

15 получают первое свойство флюида;

получают, по меньшей мере, второе свойство флюида; и

отличающийся тем, что

20 рассчитывают скорости звука флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

2. Способ по п.1, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

3. Способ по п.1, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход.

4. Способ по п.1, причем этап возбуждения колебаний вибрационного расходомера содержит этапы, на которых:

30 возбуждают колебания вибрационного расходомера на первой частоте; и

дополнительно возбуждают колебания вибрационного расходомера, по меньшей мере, на второй частоте с, по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

5. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап разделения колебательного отклика на первую частотную компоненту колебательного отклика и, по меньшей мере, вторую частотную компоненту колебательного отклика.

6. Способ по п.1, причем первое свойство флюида основано на первой частотной компоненте колебательного отклика, и, по меньшей мере, второе свойство флюида основано на, по меньшей мере, второй частотной компоненте колебательного отклика.

7. Способ по п.1, причем этап возбуждения колебаний вибрационного расходомера содержит этапы, на которых:

45 возбуждают колебания вибрационного расходомера на первой частоте; и

разделяют колебательный отклик на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту, причем первая частотная компонента и, по меньшей мере, вторая частотная компонента формируются колебанием на первой частоте.

8. Способ по п.1, дополнительно содержащий этапы, на которых: возбуждают колебания, по меньшей мере, второго вибрационного расходомера;

получают первое свойство флюида от первого вибрационного расходомера; и

получают, по меньшей мере, второе свойство флюида от, по меньшей мере, второго

вибрационного расходомера.

9. Способ по п.8, причем этапы возбуждения колебаний первого расходомера и, по меньшей мере, второго расходомера содержат этапы, на которых:

возбуждают колебания первого расходомера на первой частоте; и

возбуждают колебания, по меньшей мере, второго расходомера, по меньшей мере, на второй частоте с, по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

10. Способ по п.1, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и причем первое измерение плотности производится по известной плотности флюида.

11. Способ по п.1, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и способ дополнительно содержит этапы, на которых:

сравнивают первое измерение плотности с ожидаемым измерением плотности; и

если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности меньше порогового значения, определяют, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность флюида.

12. Способ по п.1, причем первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход и дополнительно содержат этапы, на которых:

сравнивают первый массовый расход с ожидаемым массовым расходом; и если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом меньше порогового значения, определяют, что первый массовый расход содержит фактический массовый расход.

13. Способ по п.1, причем первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и способ дополнительно содержит этапы, на которых:

сравнивают первое измерение плотности с ожидаемой плотностью; и

если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение, рассчитывают фактическую плотность.

14. Способ по п.1, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход, и способ дополнительно содержит этапы, на которых:

сравнивают первый массовый расход с ожидаемым массовым расходом; и

если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом превышает пороговое значение, рассчитывают фактический массовый расход.

15. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап вычисления ошибки плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

16. Способ по п.15, дополнительно содержащий этап коррекции плотности, исходя из рассчитанной ошибки плотности.

17. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап вычисления ошибки массового расхода, исходя из рассчитанной скорости звука.

18. Способ по п.17, дополнительно содержащий этап коррекции массового расхода, исходя из рассчитанной ошибки массового расхода.

19. Способ по п.1, дополнительно содержащий этапы сравнения рассчитанной скорости звука с ожидаемой скоростью звука и определения состояния ошибки, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука

превышает пороговое значение.

20. Вибрационный расходомер (5) для расчета скорости звука текущего флюида, содержащий измерительную сборку (10), включающую в себя вибродатчики (104, 105, 105') и измерительную электронику (20), связанную с вибродатчиками,

причем измерительная электроника (20) сконфигурирована для:

приема колебательного отклика от вибродатчиков;

получения первого свойства флюида;

получения, по меньшей мере, второго свойства флюида; и

отличается тем, что сконфигурирована для

расчета скорости звука флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

21. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

22. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход.

23. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида основано на первой частотной компоненте колебательного отклика, и, по меньшей мере, второе свойство флюида основано, по меньшей мере, на второй частотной компоненте колебательного отклика.

24. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для возбуждения колебаний вибрационного расходомера (5) на первой частоте и, по меньшей мере, на второй частоте с, по меньшей мере, второй частотой, отличающейся от первой частоты.

25. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для разделения колебательного отклика на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту.

26. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для возбуждения колебаний расходомера на первой частоте и разделения колебательного отклика на первую частотную компоненту и, по меньшей мере, на вторую частотную компоненту, причем первая частотная компонента и, по меньшей мере, вторая частотная компонента образуются посредством колебаний на первой частоте.

27. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, причем первое измерение плотности производится по известной плотности флюида.

28. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для сравнения первого измерения плотности с ожидаемой плотностью, и если различие между первым измерением плотности и ожидаемой плотностью меньше порогового значения, для определения того, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность.

29. Вибрационный расходомер (5) по п.20, в котором первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по

меньшей мере, второй массовый расход, с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом, и если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом меньше порогового значения, для определения того, что первый массовый расход содержит фактический массовый расход.

30. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для вычисления ошибки плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

31. Вибрационный расходомер (5) по п.30 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для коррекции плотности, исходя из ошибки плотности.

32. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для вычисления ошибки массового расхода, исходя из рассчитанной скорости звука.

33. Вибрационный расходомер (5) по п.32 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для коррекции массового расхода, исходя из ошибки массового расхода.

34. Вибрационный расходомер (5) по п.20 с электронным измерительным устройством (20), дополнительно сконфигурированным для сравнения рассчитанной скорости звука с ожидаемой скоростью звука и определения ошибки, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука превышает пороговое значение.

35. Система (700) вибрационного расходомера для расчета скорости звука текущего флюида, содержащая первый расходомер (5A) и, по меньшей мере, второй расходомер (5B), и систему (707) обработки, связанную с первым расходомером (5A) и, по меньшей мере, со вторым расходомером (5B), с системой (700) вибрационного расходомера, включающая:

систему (701) обработки, сконфигурированную для:

приема первого колебательного отклика от первого расходомера (5A) и приема, по меньшей мере, второго колебательного отклика от, по меньшей мере, второго расходомера (5B);

получения первого свойства флюида, исходя из первого колебательного отклика; получения, по меньшей мере, второго свойства флюида, исходя из, по меньшей мере, второго колебательного отклика; и

отличающаяся тем, что система обработки сконфигурирована для расчета скорости звука флюида, исходя из первого свойства флюида и, по меньшей мере, второго свойства флюида.

36. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности.

37. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый расход и, по меньшей мере, второй массовый расход.

38. Система (700) вибрационного расходомера по п.35 с системой (701) обработки, дополнительно сконфигурированной для возбуждения колебаний первого расходомера (5A) на первой частоте и возбуждения колебаний, по меньшей мере, второго расходомера (5B), по меньшей мере, на второй частоте с, по меньшей мере,

второй частотой, отличающейся от первой частоты.

39. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, и причем первое
5 измерение плотности производится по известной плотности флюида.

40. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с системой (701)

10 обработки, дополнительно сконфигурированной для:

сравнения первого измерения плотности с ожидаемым измерением плотности; и определения того, что первое измерение плотности содержит фактическую плотность флюида, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности меньше порогового значения.

41. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первое измерение плотности и, по меньшей мере, второе измерение плотности, с системой (701)
15 обработки, дополнительно сконфигурированной для:

20 сравнения первого измерения плотности с ожидаемой плотностью; и

расчета фактической плотности, если различие между первым измерением плотности и ожидаемым измерением плотности превышает пороговое значение.

42. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый
25 расход и, по меньшей мере, второй массовый расход, с системой (701) обработки, дополнительно сконфигурированной для:

сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и определения того, что первый массовый расход содержит фактический массовый
30 расход, если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом меньше порогового значения.

43. Система (700) вибрационного расходомера по п.35, в которой первое свойство флюида и, по меньшей мере, второе свойство флюида содержат первый массовый
35 расход и, по меньшей мере, второй массовый расход, с системой (701) обработки, дополнительно сконфигурированной для: сравнения первого массового расхода с ожидаемым массовым расходом; и расчета фактического массового расхода и скорости звука флюида, если различие между первым массовым расходом и ожидаемым массовым расходом превышает пороговое значение.

44. Система (700) вибрационного расходомера по п.35 с системой (701) обработки,
40 дополнительно сконфигурированной для вычисления ошибки плотности, исходя из рассчитанной скорости звука.

45. Система (700) вибрационного расходомера по п.44 с системой (701) обработки, дополнительно сконфигурированной для коррекции плотности, исходя из
45 рассчитанной ошибки плотности.

46. Система (700) вибрационного расходомера по п.35 с системой (701) обработки, дополнительно сконфигурированной для вычисления ошибки массового расхода,
исходя из рассчитанной скорости звука.

47. Система (700) вибрационного расходомера по п.46 с системой (701) обработки,
50 дополнительно сконфигурированной для коррекции массового расхода, исходя из рассчитанной ошибки массового расхода.

48. Система (700) вибрационного расходомера по п.35 с системой (701) обработки,

дополнительно сконфигурированной для сравнения рассчитанной скорости звука с ожидаемой скоростью звука и определения ошибки, если различие между рассчитанной скоростью звука и ожидаемой скоростью звука превышает пороговое значение.

5

10

15

20

25

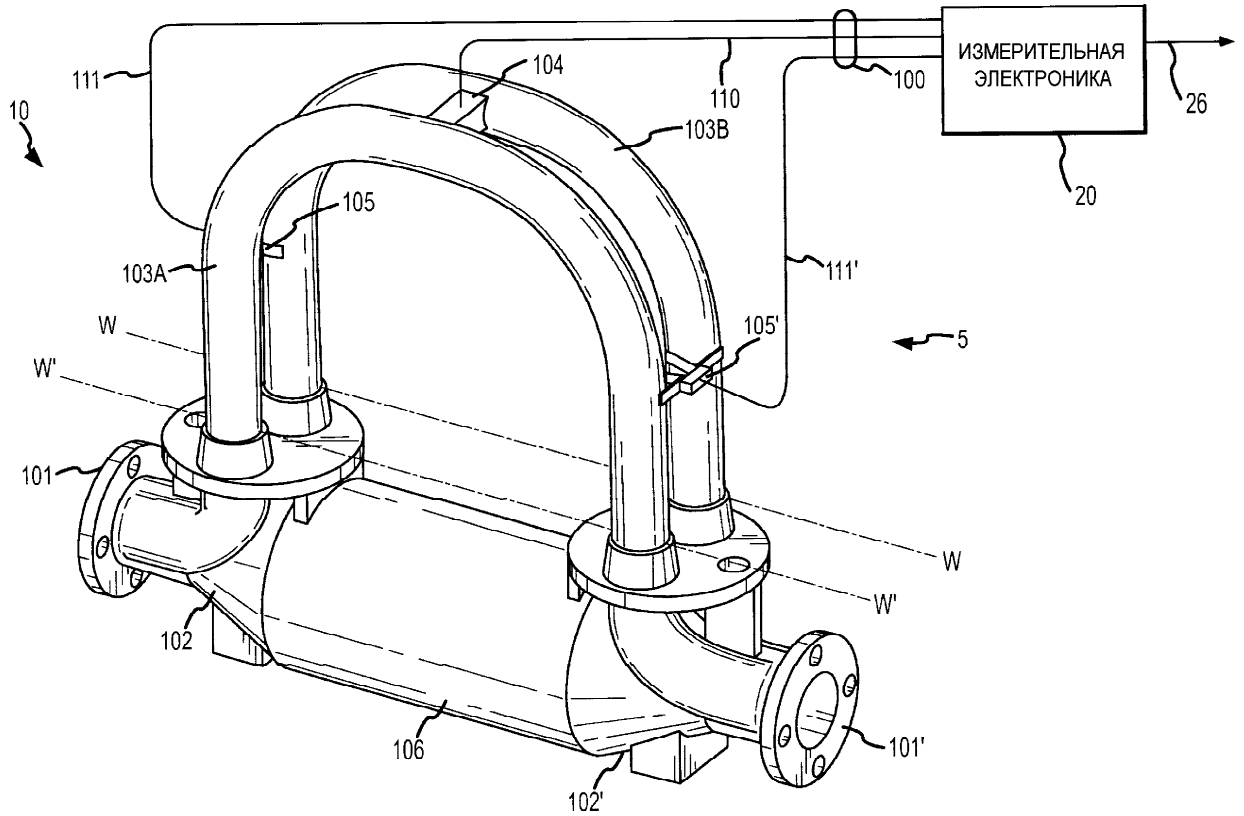
30

35

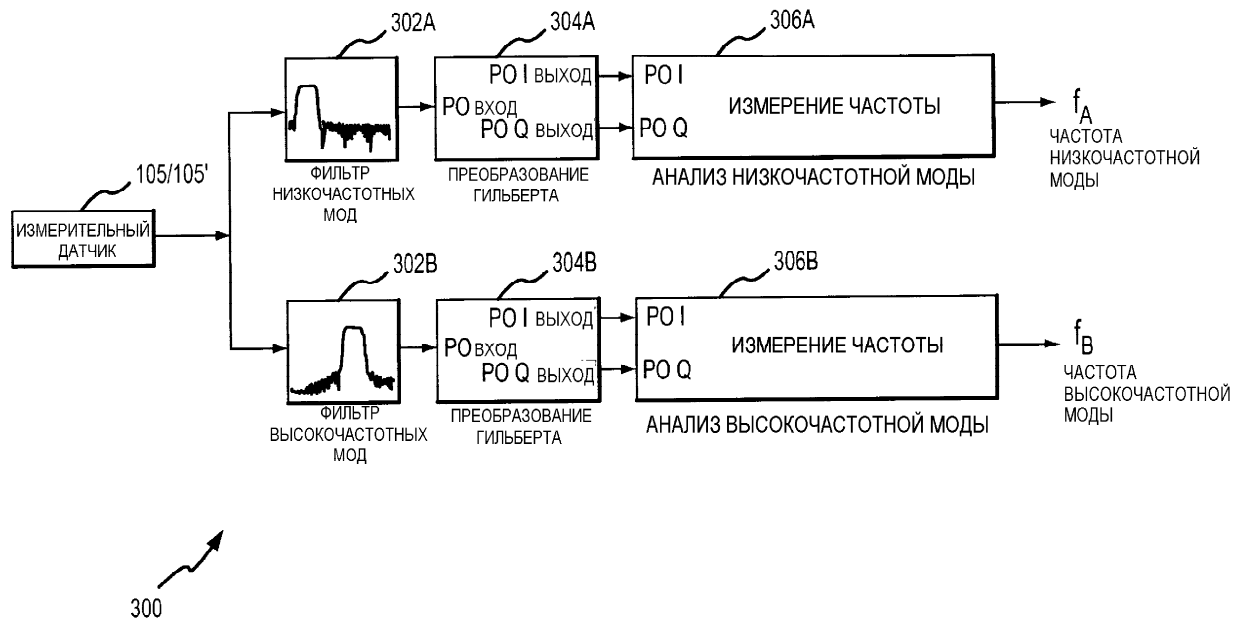
40

45

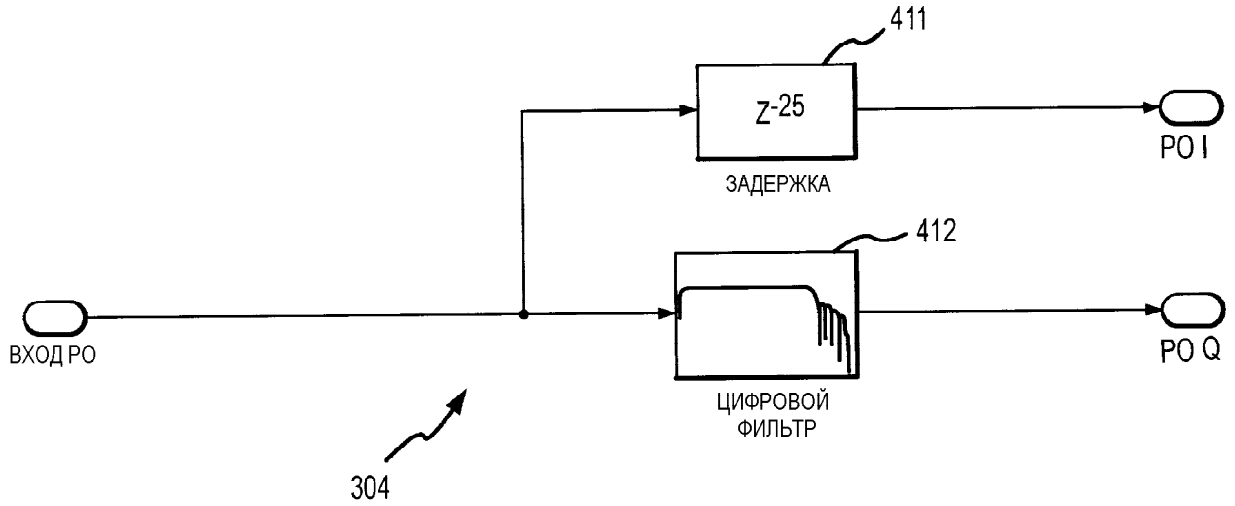
50



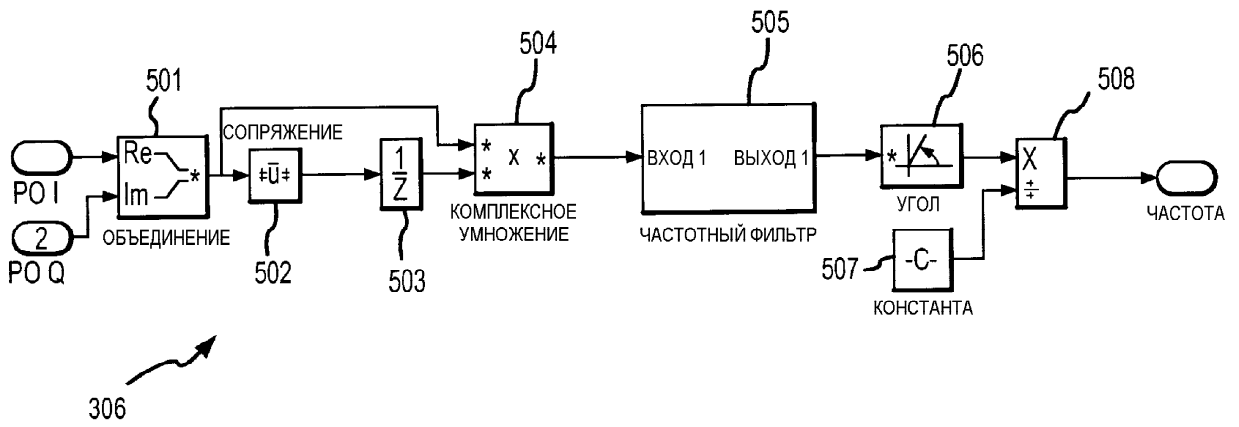
ФИГ. 1



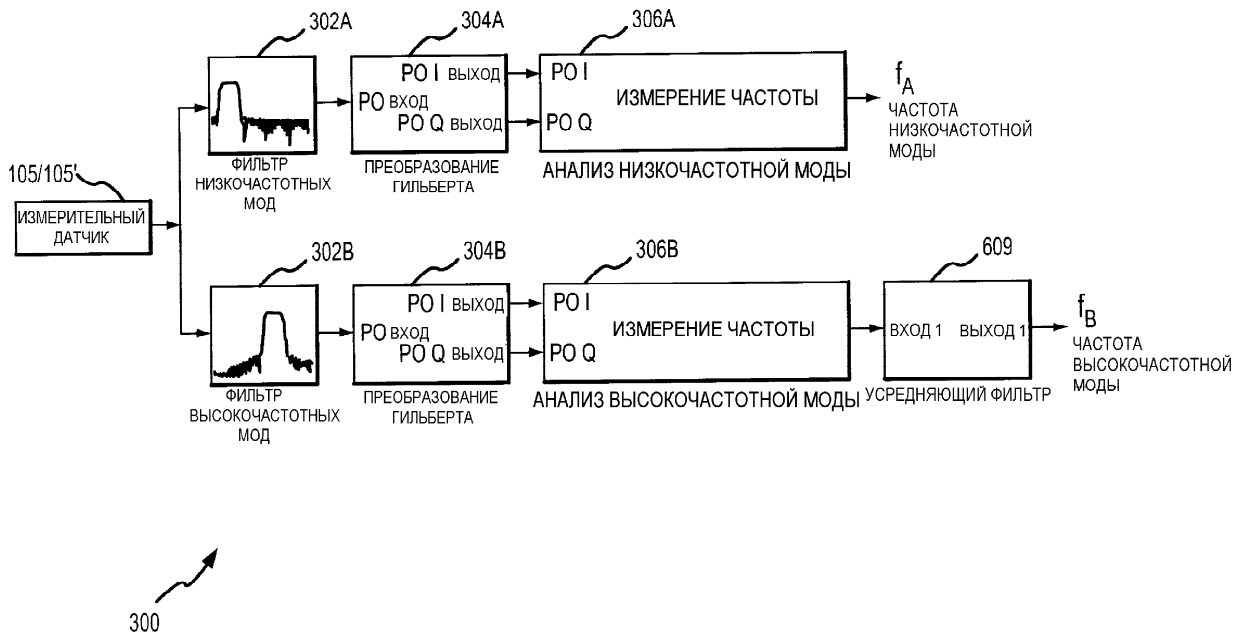
ФИГ. 3



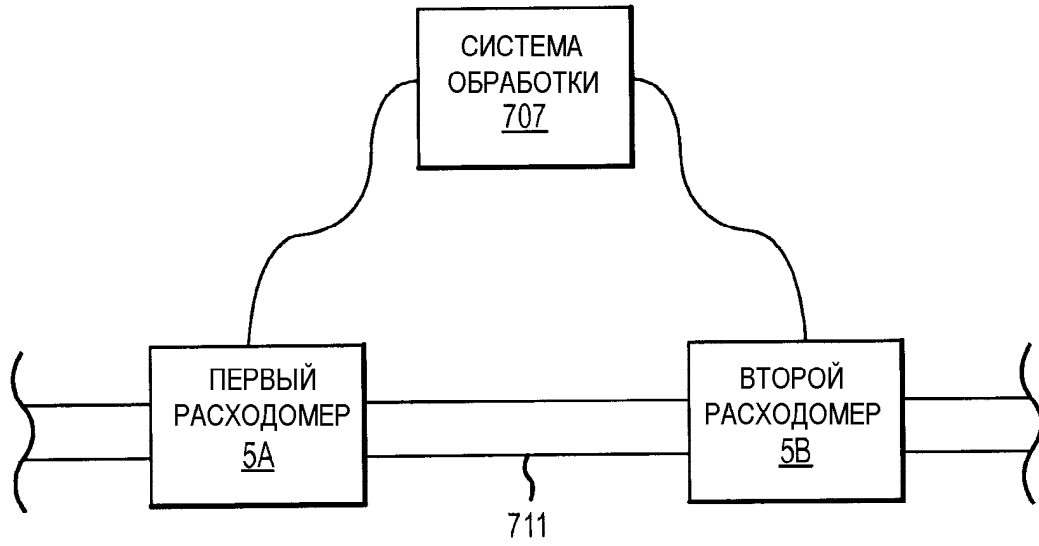
ФИГ.4



ФИГ.5

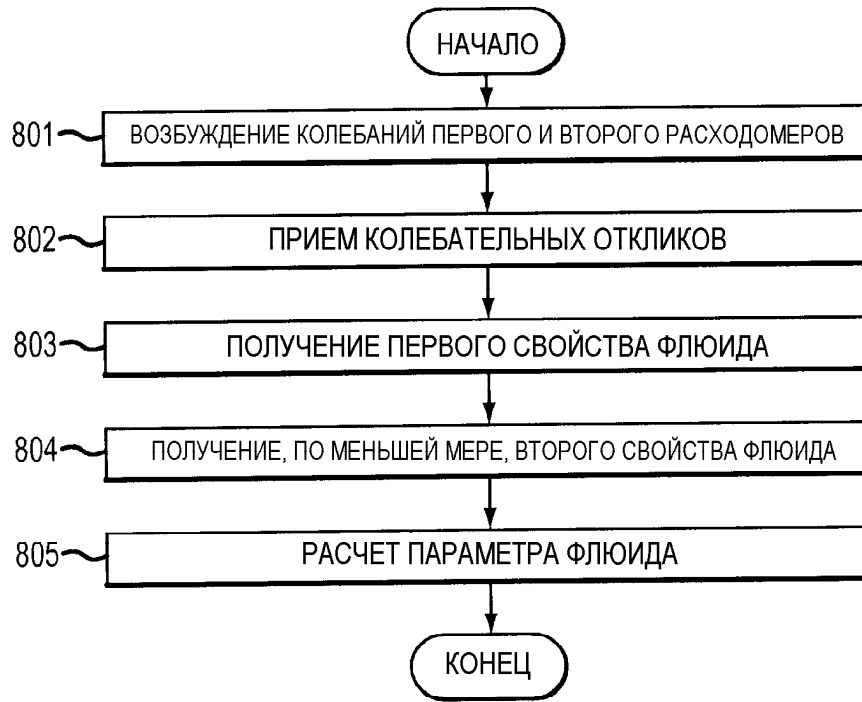


ФИГ.6



700 ↗

ФИГ.7



800

ФИГ.8