

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202193216** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.05.30

(51) Int. Cl. *A61B 8/00* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.06.26

**(54) НЕЛИНЕЙНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ
КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

(31) **62/867,093; 16/888,469**

(72) Изобретатель:

(32) **2019.06.26; 2020.05.29**

**Хэйм Джеймс М., Кроше Эрл Дж.,
Колман Уильям, Бурчем Джоэл,
Биволарски Лазар (US)**

(33) **US**

(86) **PCT/US2020/039966**

(87) **WO 2020/264407 2020.12.30**

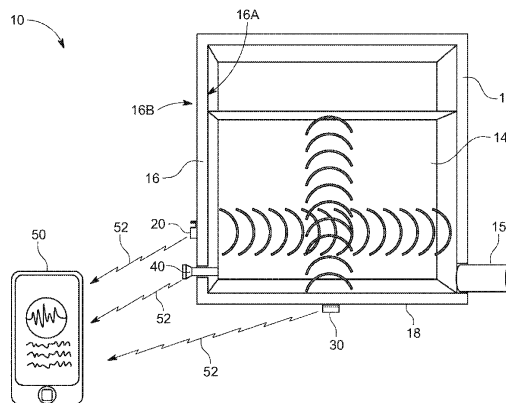
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

**ПЕРСЕПТИВ СЕНСОР
ТЕКНОЛОДЖИС, ИНК. (US)**

Нилова М.И. (RU)

(57) Раскрыты системы и способы определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости для текучей среды, идентичности текучей среды и/или состояния стенки емкости. Для определения уровня заполнения текучей среды по меньшей мере один акустический датчик выполнен с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке емкости, содержащей текучую среду. Компьютеризованное устройство сообщается с указанным по меньшей мере одним акустическим датчиком. Процессор компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от указанного по меньшей мере одного акустического датчика и передает предупреждения о сигнале определения, который может быть использован для идентификации уровня заполнения текучей среды. Сигнал определения, наряду с другой измеренной информацией, может быть использован для идентификации типа материала текучей среды. Состояние стенки емкости может быть определено на основе сигнала затухания при использовании двух акустических датчиков, один из которых расположен под углом к стенке емкости.



**202193216
A1**

**202193216
A1**

НЕЛИНЕЙНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Настоящее изобретение в целом относится к определению свойств
5 материалов и, в частности, относится к нелинейному ультразвуковому
способу количественного определения материалов.

Определение уровня материала, идентификация и измерения расхода
важны для различных отраслей промышленности. Например, в отраслях
10 промышленности, связанных с обработкой ископаемого топлива, часто
является критичным обеспечение надлежащего уровня текучей среды
внутри резервуара для хранения, чтобы избежать переполнения. Один тип
измерения расхода текучей среды представляет собой такое измерение
15 текучей среды, при котором измеряют точное количество движущейся
текучей среды за конкретный период времени для определения точного
расхода текучей среды. Измерение текучих сред используется во многих
отраслях промышленности, где требуется мониторинг текучих сред, в том
числе в химической промышленности, в отраслях, связанных с обработкой
ископаемого топлива (нефти и газа), и производственных отраслях.
20 Например, в отраслях, связанных с обработкой ископаемого топлива, часто
является критичным точное смешивание надлежащих количеств и типов
материалов, удерживаемых в емкостях для хранения или перемещаемых по
трубопроводам.

25 В настоящее время существует множество устройств и методов для
определения уровня текучей среды. Большинство из этих устройств
являются инвазивными в том смысле, что с целью определения точного
уровня заполнения текучей среды или ее точного расхода, эти устройства
должны быть размещены внутри резервуара или трубопровода. Это создает
30 проблемы с точки зрения обслуживания и эксплуатации. Например,
механические расходомеры, которые используют крыльчатку, обычно

действуют путем измерения расхода текучей среды с использованием размещения движущихся частей, либо путем пропускания изолированных известных объемов текучей среды через ряд зубчатых колес или камер, например за счет прямого вытеснения, либо посредством вращающейся турбины или ротора. Механические расходомеры, как правило, являются точными, частично вследствие своей способности к точному измерению числа оборотов механических компонентов, которое используется для оценки общего объемного расхода за короткий период времени. Однако механические расходомеры должны быть установлены в трубопроводной подсистеме, и их замена требует отключения трубопровода, что весьма неэффективно и затратно.

Кроме того, широко используются акустические время-пролётные расходомеры. Эти устройства измеряют скорости в двух противоположных направлениях трубы и затем вычисляют разность между ними, причем указанная разность может быть использована в качестве показателя скорости материала, протекающего по данной трубе. В дальнейшем вычисленная скорость, с которой перемещается материал, может быть использована, наряду с размером трубы и другими параметрами, для определения объемного расхода. Однако эти стандартные акустические расходомеры зачастую не являются достаточно точными для многих отраслей промышленности, включая многие области применения в отраслях, связанных с обработкой ископаемого топлива.

Кроме того, текучие среды расширяются и сжимаются при изменении температуры, и большинство расходомеров измеряют объемный расход и не учитывают, как температура изменяет фактическое количество текучей среды, находящейся в резервуаре или движущейся по трубе. В случае нефтепродуктов это может приводить к неточным расходам по объему, составляющим до 7% только на основе колебаний температуры.

В случае текучих сред, хранящихся в резервуарах для определения количества текучей среды, могут быть использованы датчики уровня заполнения. Датчики этих типов обычно могут включать в себя либо датчики на основе радара, которые измеряют расстояние от верхней 5 стороны до поверхности текучей среды, или встроенные измерительные провода и трубки, которые устанавливаются внутри резервуара. Датчики уровня заполнения не являются высокоточными по ряду причин. Текучие среды расширяются и сжимаются в зависимости от температуры, и большинство датчиков уровня заполнения не учитывает влияние 10 температурных изменений на уровень заполнения. Кроме того, датчики уровня должны быть установлены внутри резервуаров или других емкостей, что создает проблемы для их обслуживания и эксплуатации.

Как упоминалось ранее, определение уровня материала, 15 идентификация и измерение расхода важны во многих отраслях промышленности для эффективного управления активами, а также для управления производственными процессами. В нефтехимических отраслях промышленности очень часто поддерживается множество резервных систем для мониторинга этих показателей для обеспечения доступности точной 20 информации в случае отказа одного из блоков.

Кроме того, существуют традиционные продукты, которые используются для испытания стенок резервуаров для определения 25 толщины стенок, состояния материала стенок, какого-либо ухудшения состояния стенки и определения наличия каких-либо отложений материала на внутренней стороне резервуара. Испытания на толщину и ухудшение состояния стенок с использованием традиционной технологии обычно проводят периодически, и в некоторых случаях требуется, чтобы резервуар был выведен из эксплуатации для проведения испытаний. Эти блоки 30 обследуют небольшую область резервуара, и испытания необходимо повторить на других участках резервуара, чтобы получить общую оценку

стенок каждого резервуара. Однако эти блоки не измеряют состояние всей непрерывной стенки резервуара, они не обеспечивают непрерывного испытания в режиме реального времени, включая определение отложений материалов, таких как восковые парафины, и все это накладывает

5 ограничения с точки зрения применимости. Кроме того, эти традиционные испытательные или инспекционные устройства должны эксплуатироваться вручную высококвалифицированным персоналом, что часто делает их дорогостоящими в эксплуатации, уходе и техническом обслуживании.

10 Таким образом, в данной отрасли промышленности до сих пор существует не рассмотренная потребность в устранении недостатков и несоответствий.

В вариантах осуществления раскрытия настоящего изобретения

15 предложена система и связанный с ней способ определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости для текучей среды. В кратком изложении, с точки зрения архитектуры один вариант осуществления системы, наряду с прочими, может быть реализован, как описано далее. В емкости содержится текучая среда. По меньшей мере один акустический

20 датчик выполнен с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке емкости. Компьютеризированное устройство сообщается по меньшей мере с одним акустическим датчиком, при этом процессор компьютеризированного устройства принимает сигнал определения по меньшей мере от одного акустического датчика и передает

25 предупреждение о сигнале определения.

Раскрытие настоящего изобретения также можно рассматривать как обеспечивающее систему и связанные с ней способы определения

идентичности материала текучей среды, хранящейся в емкости. В кратком

30 изложении, с точки зрения архитектуры один вариант осуществления системы, наряду с прочими, может быть реализован, как описано далее. По

меньшей мере два акустических датчика выполнены с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке емкости, содержащей текучую среду, при этом два акустических датчика расположены на емкости на заданных высотах. Компьютеризованное устройство сообщается по меньшей мере с двумя акустическими датчиками. Процессор компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от одного или более из по меньшей мере двух акустических датчиков. Компьютеризованное устройство использует сигнал определения и измеренную информацию о текучей среде для получения акустической метрики текучей среды с компенсацией температуры, которую сравнивают с базой данных свойств материала для определения идентификации материала текучей среды внутри емкости.

Раскрытие настоящего изобретения также можно считать предоставляющим систему и связанные с ней способы определения состояния стенки емкости. В кратком изложении, с точки зрения архитектуры один вариант осуществления системы, наряду с прочими, может быть реализован, как описано далее. В емкости содержится текучая среда. Первый и второй акустические датчики выполнены с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке емкости. Каждый из первого и второго датчиков размещен на емкости на заданной высоте. Второй акустический датчик расположен под углом относительно стенки емкости. Компьютеризованное устройство сообщается с двумя акустическими датчиками. Процессор компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от первого и второго акустических датчиков. Сигнал определения от первого акустического датчика используется для определения толщины стенки емкости, а сигнал определения от второго акустического датчика обеспечивает ослабленный сигнал, причем состояние стенки емкости может быть определено на основе толщины стенки и величины затухания в ослабленном сигнале.

Другие системы, способы, признаки и преимущества, обеспечиваемые раскрытием настоящего изобретения, станут или должны стать очевидны специалисту в данной области техники после изучения нижеследующих чертежей и подробного описания. Предполагается, что все такие
5 дополнительные системы, способы, признаки и преимущества будут включены в настоящее описание, будут находиться в рамках объема раскрытия настоящего изобретения и будут защищены приложенной формулой изобретения.

10 Многие аспекты настоящего изобретения могут быть лучше поняты со ссылкой на нижеследующие чертежи. Компоненты на чертежах не обязательно выполнены в масштабе; вместо этого акцент делается на понятное иллюстрирование принципов настоящего изобретения. Кроме того, на чертежах одинаковые ссылочные обозначения обозначают
15 соответствующие части на нескольких видах.

На ФИГ.1 представлена иллюстрация системы для определения веса количества текучего материала в емкости, согласно первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для
20 примера.

На ФИГ.2 представлена иллюстрация системы для определения расхода количества текучей среды внутри трубы, согласно первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения,
25 приведенному для примера.

На ФИГ.3А представлена иллюстрация системы для определения веса количества текучей среды для измерения расхода указанного количества текучей среды, подлежащей впрыску в трубу с помощью системы впрыска,
30 согласно второму варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.3В представлено изображение системы впрыска, использующей вышеуказанную систему, согласно второму варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для
5 примера.

На ФИГ.4А представлена иллюстрация системы для определения изменений расхода для количества текучей среды из емкости, согласно
10 первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.4В представлена иллюстрация системы для определения изменений расхода для количества текучей среды в трубе, согласно
15 первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.5А представлена блок-схема, иллюстрирующая способ измерения текучей среды в резервуаре согласно первому варианту
20 осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.5В представлена блок-схема, иллюстрирующая способ измерения текучей среды в трубе согласно первому варианту
25 осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.6 представлен способ определения конструктивных характеристик емкости по ФИГ.1 согласно третьему варианту
30 осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.7 представлена иллюстрация комплексных методов обработки сигнала, используемые со способом определения конструктивных характеристик емкости по ФИГ.1, согласно третьему варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.8 представлена схематическая иллюстрация системы для определения уровня заполнения количества текучей среды внутри емкости для текучей среды, согласно четвертому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.9 представлена схематическая иллюстрация системы для анализа свойств емкости и/или материала внутри емкости, согласно пятому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.10 представлена блок-схема, иллюстрирующая способ определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости для текучей среды согласно четвертому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.11 представлена блок-схема, иллюстрирующая способ определения идентичности материала текучей среды, хранящейся в емкости, согласно четвертому варианту осуществления раскрытия изобретения, приведенному для примера.

На ФИГ.12 представлена блок-схема, иллюстрирующая способ определения состояния стенки емкости согласно пятому варианту осуществления раскрытия изобретения, приведенному для примера.

В вариантах осуществления раскрытия настоящего изобретения предложены система и способ определения данных для идентификации текучей среды, уровня текучей среды и весового расхода текучей среды. Согласно данному изобретению, термин «материал» может пониматься как

5 включающий в себя жидкости, газы, плазму или схожие материалы, или любую их комбинацию. В одном варианте осуществления система и способ могут быть использованы для определения веса количества текучей среды в емкости. Еще в одном варианте осуществления система и способ могут

10 быть использованы для определения расхода текучей среды в трубе с использованием определенного веса текучей среды. Раскрытие настоящего изобретения может быть использовано для определения типа материала без физического контакта с указанным материалом и без химического анализа. Указанные методы могут использовать нелинейный ультразвук, который используются для определения количественных свойств

15 материала. Другие варианты осуществления раскрытия настоящего изобретения могут быть использованы в случае, если осуществляется физический контакт с материалом без химического анализа. Другие варианты осуществления раскрытия настоящего изобретения могут быть использованы для определения или мониторинга конструктивной

20 целостности контейнера или емкости, содержащих текучую среду, например могут определяться трещины, коррозия, изменение толщины стенки или другие конструктивные характеристики емкости.

Хорошо известно, что плотность материала изменяется в зависимости

25 от температуры и давления. Это изменение обычно мало для жидкостей, однако было обнаружено, что уровни текучей среды в емкости заметно увеличиваются и уменьшаются в зависимости не от чего иного, как от изменений температуры. Увеличение давления на материал приводит к уменьшению объема материала и, таким образом, к увеличению его

30 плотности. Увеличение температуры материала (за некоторым исключением) приводит к уменьшению его плотности вследствие

увеличения его объема. Таким образом, вследствие влияния, которое температура и давление могут оказывать на объем материала, определение веса материала обеспечивает более высокую точность в отношении конкретного количества этого материала. Определение веса материала обеспечивает также ряд других преимуществ. По всему миру продажа материалов производится на вес. Хотя изменения температуры приводят к изменениям давления и/или объема материала, вес или масса материала в условиях гравитации не изменяются вследствие изменений температуры, давления или плотности. Таким образом, определение веса материала способно обеспечить более точный способ измерения или подтверждения количества материала во время коммерческой транзакции.

Объект раскрытия настоящего изобретения относится к использованию измерения материала для определения значений расхода материала с использованием акустики, что, в свою очередь, может быть использовано для определения изменений веса переносимого материала. Результат заключается в возможности обеспечения высокоточных измерений расхода материала путем вычисления изменения веса материала на периодической основе, например через заданные временные интервалы в течение прошлого периода времени. Например, использование акустики для измерения веса материала, хранящегося внутри резервуара или контейнера, каждые десять секунд, может быть использовано для определения чистого изменения материала за определенный период, например, за одну минуту, что может указывать на скорость потока продукта, выходящего или поступающего в резервуар или трубу.

На ФИГ.1 представлена иллюстрация системы 10 для определения веса количества материала текучей среды в емкости согласно первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. Система 10 для определения веса указанного количества текучей среды, которая может называться в данном документе

просто «системой 10», может быть прикреплена к стенке 16 емкости 12, содержащей текучую среду 14. Вдоль стенки 16 емкости 12 может быть размещен первый акустический датчик 20. Вдоль нижней стенки 18 емкости 12 размещен второй акустический датчик 30, который измеряет 5 уровень заполнения текучей среды 14 в емкости 12. На емкости 12, вблизи нее или внутри нее размещен датчик 40 температуры, который измеряет температуру текучей среды 14.

Желательно определить вес текучей среды 14, поскольку этот вес 10 является высокоточным параметром для определения других характеристик текучей среды 14, таких как расход текучей среды 14, выходящей из емкости 12, такой как впускная или выпускная труба, или поступающей в нее. В химической промышленности и отраслях, связанных с обработкой ископаемого топлива, вес рассматривается как наиболее точный 15 показатель при количественном измерении материала, значительно превосходящий в этом смысле объем или измеряемое количество, такое как литры, галлоны или баррели. В сущности, танкерные поставки нефтепродуктов измеряются в метрических тоннах, а не в баррелях.

Во время работы система 10 может быть использована с некоторым 20 количеством текучей среды 14, конкретный тип которой может быть либо известен, либо неизвестен. Например, емкость 12 может быть заполнена текучей средой 14, о которой конкретно известно, что это определенное химическое соединение или вещество, либо тип текучей среды 14 внутри 25 емкости 12 может быть неизвестен. Если тип текучей среды неизвестен, то первый акустический датчик 20 может быть способен точно идентифицировать жидкий материал с использованием известных акустических параметров, которые являются компенсируемыми по температуре, при обращении к базе данных для идентификации 30 конкретного типа жидкости.

После идентификации текучей среды 14, либо если она заранее известна, второй акустический датчик 30, который размещен на нижней стенке 18 емкости 12, может быть использован для определения уровня заполнения путем его предельно точного измерения. Другими словами, теперь может быть определена высота верхней поверхности текучей среды 14 внутри емкости 12. Затем, с использованием этого определенного уровня заполнения и конструктивной информации о емкости 12, например градуировочной таблицы или диаграммы вместимости, которая идентифицирует объемное количество текучей среды при конкретных высотах или уровнях заполнения емкости 12, может быть определен точный объем текучей среды 14. На данном этапе может быть учтена температура текучей среды 14, что может быть достигнуто путем непосредственного измерения температуры, например с помощью датчика 40 температуры, или путем вычисления окружающей температуры, или другими методами. Когда тип текучего материала 14 идентифицирован, высота верхней поверхности текучей среды 14 в емкости 12 и температура текучей среды 14 могут быть использованы для вычисления веса.

Хотя возможно использование акустического датчика 30, размещенного на нижней стенке 18 емкости 12, для определения уровня заполнения текучей средой 14 емкости 12 возможно также использование одного или более акустических датчиков в других местах на емкости 12 для определения уровня заполнения текучей среды 14. Например, множество акустических датчиков 30 могут быть размещены на внешней стороне емкости 12 в местах, расположенных вдоль нижней боковой стенки 16. Эти датчики 30 могут быть ориентированы под разными углами относительно высоты емкости 12. Например, в одном примере пять или более датчиков 30 могут быть использованы с ориентациями под различными углами, такими как 15° , 30° , 45° , 60° и 75° , так что каждый датчик 30 расположен с возможностью идентификации уровня заполнения на определенной высоте в емкости 12. Еще в одном примере датчики 30 могут быть

размещены на расстоянии друг от друга вдоль вертикальной боковой стенки емкости 12, так что каждый датчик 30 может определять момент, когда уровень заполнения текучей средой 14 переместился ниже высоты датчика 30, соответственно, что может быть использовано для

5 идентификации уровня заполнения текучей среды 14 внутри емкости 12. Может быть использовано любое количество датчиков в любых местах и с любыми ориентациями, и все их комбинации рассматриваются как включенные в объем раскрытия настоящего изобретения. Может быть

10 предпочтительным использование одного акустического датчика 30, размещенного на нижней стенке 18 емкости 12, по причине эффективности и более низких затрат на материалы, однако емкости 12, в которых не обеспечивается возможность доступа к их нижним стенкам 18, например, которые размещены на поверхности земли, могут быть использованы с

15 другими конфигурациями датчиков для точного определения уровня заполнения текучей среды 14.

Если идентификация текучего материала 14 в емкости 12 невозможна, то может быть измерена и определена плотность текучей среды 14, и возможно вычисление фактического веса конкретной текучей

20 среды 14 на основе измеренных и определенных плотности, объема и температуры текучей среды. Тогда используя данную информацию, можно точно вычислить вес текучей среды 14 в конкретный момент времени.

Вычисления, выполняемые системой 10, можно осуществлять с

25 помощью компьютеризованного устройства 50, сообщаемого с первым акустическим датчиком 20, вторым акустическим датчиком 30 и датчиком 40 температуры. Для определения весового расхода текучей среды 14, процессор компьютеризованного устройства 50 может вычислять вес текучей среды в два или более моментов времени, или через заданные

30 временные интервалы, на основе по меньшей мере измеренного уровня заполнения, определенного акустическим датчиком 30, и значения

температуры от датчика 40 температуры. Компьютеризованное устройство 50 может принимать информацию, полученную в результате измерения, в виде сигналов 25 от датчиков, которые могут передаваться с помощью проводной связи, беспроводной связи или их комбинации.

- 5 Компьютеризованное устройство 50 может представлять собой удерживаемое в руке вычислительное устройство, такое как планшетный компьютер, смартфон, считыватель, ноутбук или стационарное вычислительное устройство, или какое-либо другое электронное устройство, способное принимать сигналы и вычислять точки данных с использованием алгоритмов и обработки. Компьютеризованное устройство 10 50 может содержать дисплейный экран или графический пользовательский интерфейс, которые предоставляют релевантную информацию пользователю-человеку, или оно может быть соединено с другим вычислительным устройством через сеть связи или Интернет для передачи 15 релевантной информации в какое-либо другое место.

Также следует отметить, что система 10 может быть реализована на емкости 12 без проникновения. Первый и второй акустические датчики 20, 30 могут быть лишь приклеены к наружной поверхности емкости 12, а датчик 40 температуры может быть размещен снаружи или внутри емкости в удобном положении для измерения температуры текучей среды 14. Емкость 12 не нуждается в опорожнении или в открытии иным образом для конфигурирования системы 10. Если емкость 12 представляет собой емкость с двойными стенками, как показано на ФИГ.1, то первый и второй 25 акустические датчики 20, 30 могут быть размещены на наружной поверхности емкости 12 или снаружи от внутренней поверхности внутренней боковой стенки 16А, например в зазоре между внутренней боковой стенкой 16А и наружной боковой стенкой 16В. Датчик 40 температуры может быть размещен через внутренние и/или наружные 30 боковые стенки 16А, 16В, например, в месте, проходящем от наружной поверхности емкости 12 до внутренней поверхности емкости 12, так что он

способен поддерживать точные температурные показания в отношении
текучей среды 14 внутри емкости 12. В других примерах датчик 40
температуры может быть размещен в других местах, и он необязательно
должен находиться в контакте с текучей средой 14 или емкостью 12. Могут
5 быть использованы датчики 40 температуры всех типов, включая
инфракрасные датчики температуры, термисторы, другие датчики
температуры или любую их комбинацию. Разумеется, возможно также,
чтобы первый и второй акустические датчики 20, 30 и/или датчик 40
температуры были установлены внутри емкости 12, если это требуется.

10

В одной из множества альтернативных конфигураций может быть
использовано множество акустических датчиков для определения расхода
текучей среды 14 внутри емкости 12, в частности емкости 12, выполненной
или предназначенной для транспортировки текучей среды 14, такой как
15 труба, трубопровод или аналогичная емкость 12 для транспортировки
текучей среды. Аналогично конфигурации, описанной применительно к
ФИГ.1, точные значения расхода могут определяться весом текучей среды.
На ФИГ.2 представлена иллюстрация системы 10 для определения расхода
при некотором количестве текучей среды внутри трубы 60, согласно
20 первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения,
приведенному для примера. В сущности, на ФИГ.2 представлена система 10
с трубой 60, представляющей собой емкость, которая включает в себе и
транспортирует указанное количество текучей среды 66. Первый
акустический датчик 22 размещен вдоль стенки 16 трубы 60 или в
25 аналогичном месте, например, по существу, на стенке 16 трубы 60. Второй
акустический датчик 32 размещен вдоль трубы 60 на заданном или
известном расстоянии от первого датчика 22. С использованием показаний
первого акустического датчика 22 и второго акустического датчика 32
может быть определена разность значений времени пролета или выполнено
30 аналогичное вычисление для текучей среды 66 в трубе 60. Разность

значений времени пролета может затем быть использована для определения скорости потока текучей среды 66.

В одном примере вычисление скорости материала может быть описано следующим образом. Первый акустический датчик 22, т.е. преобразователь, генерирует сигнал, который принимается вторым акустическим датчиком 32 на трубе 60. Время, затрачиваемое на прохождение сигнала от первого акустического датчика 22 до второго акустического датчика 32, известно как время пролета (Time of Flight, ToF). Затем второй акустический датчик 32 генерирует сигнал, который принимается первым акустическим датчиком 22, и разность между двумя значениями ToF определяется как показатель скорости потока материала в трубе 60. На основе расстояния от первого акустического датчика 22 до второго акустического датчика 32 и известной плотности текучей среды 66 в трубе 60 может быть вычислен расход материала.

$$ToF = \frac{D_{tr}}{U_{sp}}$$

Здесь D_{tr} – расстояние между первым и вторым акустическими датчиками 22, 33. В зависимости от конфигурации оно может быть равно диаметру трубы 60 или по меньшей мере расстоянию, которое пройдет сигнал между двумя указанными преобразователями. U_{sp} – скорректированная по температуре скорость звука в материале, протекающем через трубу.

$$ToF_1 = \frac{D_{tr}}{U_{sp}^1}$$

$$ToF_2 = \frac{D_{tr}}{U_{sp}^2}$$

Здесь $U_{sp}^1 = (U_{sp} - V)$ и $U_{sp}^2 = (U_{sp} + V)$, где (V) – скорость материала. Скорость может быть вычислена, когда акустические датчики находятся на одной стороне трубы 60, и в этом случае вычисляется расстояние и составляющая скорости с учетом угла пути, по которому проходит сигнал между двумя акустическими датчиками, и задней стенкой трубы.

$\Delta ToF = (ToF_2 - ToF_1)$ представляет собой разность между значениями времени ToF_1 и ToF_2

$$\Delta ToF = \frac{D_{tr}}{U_{sp}^1} - \frac{D_{tr}}{U_{sp}^2} = \frac{D_{tr}}{(U_{sp} - V)} - \frac{D_{tr}}{(U_{sp} + V)}$$

Путем преобразования вышеуказанного уравнения может быть определена стоящая в скобках скорость V материала в трубопроводе по нижеследующей формуле:

$$V = \Delta ToF * \frac{U_{sp}}{2 * D_{tr}}$$

Следует отметить, что указанная разность значений времени пролета может быть вычислена двунаправленным образом и/или однонаправленным образом. При двунаправленном вычислении разность значений времени пролета в текучей среде 66 может быть вычислена на основе показаний первого и второго акустических датчиков 22, 32 в двух направлениях трубы 60, например в обоих линейном прямом и линейном обратном направлениях вдоль потока в трубе 60. При однонаправленном вычислении разность значений времени пролета может быть вычислена путем измерения времени пролета в одном направлении трубы 60 и его сравнения с условным или расчетным временем пролета, основанным на скорости акустической волны в текучей среде в неподвижном состоянии. В отличие от непосредственного измерения этого условного значения для текучей среды в неподвижном состоянии, это значение может быть

получено с использованием идентичности материала текучей среды 66 и температуры для вычисления или подстановки условного времени пролета на основе скорости волны. Затем на основе указанной скорости волны и расстояния между двумя акустическими датчиками 22, 32 получают

5 расчетное время пролета в стационарном состоянии. Таким образом, время пролета в одном направлении может быть эффективно сравнено с ожидаемой акустической волной через текучую среду 66 при ее нахождении в статическом или неподвижном состоянии внутри трубы 60.

10 Вместе с трубой 60 размещен датчик 42 температуры, который измеряет температуру текучей среды 66. Хотя может быть использован датчик 42 температуры, находящийся в физическом контакте с трубой 60, температура текучей среды 66 в трубе 60 может также определяться альтернативными способами, включая датчики температуры, которые

15 необязательно должны находиться в контакте с текучей средой 66 или трубой 60. Могут быть использованы датчики 42 температуры всех типов, включая инфракрасные датчики температуры, термисторы, другие датчики температуры или любую их комбинацию.

20 В дополнение, в течение определенных временных интервалов могут выполняться многочисленные вычисления, которые могут быть использованы для определения расхода текучей среды 66 во время флуктуаций текущего расхода при измерении в течение более длительных временных интервалов. В простом примере прямая труба с радиусом 2 фута

25 содержит известное дизельное топливо (плотность 53 фунта/куб. фут при 15°C), протекающее с расходом 3 фута/с. Площадь сечения трубы равна 12,5 кв. фута, что дает объемный расход 37,5 куб. фута/с. Умножение объемного расхода на плотность дает значение 1,988 фунта/с весового расхода дизельного топлива, протекающего по трубе. Если при следующем

30 измерении скорость изменится до 3,5 фута/с, то весовой расход дизельного топлива, протекающего по трубе, повысится до 2,319 фунта/с. Эти

вычисления могут выполняться через конкретные интервалы времени для идентификации изменений или флуктуаций между этими временными интервалами, которые, в свою очередь, могут быть использованы для определения значений расхода в течение более длительного периода времени.

Эти измерения весового расхода могут быть проведены периодически, с периодом от нескольких секунд до часа, или с любым другим периодом времени. Изменения указанного весового расхода в течение более продолжительного периода времени, когда измеряется изменяющееся количество текучей среды 66, протекающей по трубе 60, обеспечивают точное нормированное вычисление весового расхода материала. На основе этой информации обеспечивается возможность высокоточной и стандартизированной идентификации значений объемного расхода текучей среды, например галлонов в час и т.д., и значений весового расхода текучей среды, например фунтов в час и т.д.

Кроме того, система 10 может быть использована для определения температуры текучей среды, идентификации текучей среды и получения конкретной информации о плотности и весе текучей среды 66 в реальном времени или, по существу, в реальном времени, что обеспечивает существенное улучшение по сравнению с другими измерительными устройствами, которые не работают в реальном времени. Также следует отметить, что система 10 может быть реализована на трубе 60 без проникновения. Необходимо лишь прикрепление первого и второго акустических датчиков 22, 32 к наружной поверхности трубы 60, а датчик 42 температуры может быть размещен в любом удобном месте для измерения температуры. Трубу 60 не требуется опорожнять или иным образом открывать для конфигурирования системы 10.

30

Результаты вычислений, выполненных системой 10, могут быть обработаны компьютеризированным устройством 50, сообщаемым с акустическим датчиком 20, который производит идентификацию текучего материала, и с другими акустическими датчиками 22, 32, а также с датчиком 42 температуры. Для определения весового расхода текучей среды 66 процессор компьютеризированного устройства 50 может вычислять весовой расход текучей среды 66 через заданные временные интервалы на основе измеренного и определенного объемного расхода и плотности текучей среды. Компьютеризированное устройство 50 может принимать информацию, полученную в результате измерения, в виде сигналов 52 от датчиков, которые могут передаваться с помощью проводной связи, беспроводной связи или любой их комбинации. Компьютеризированное устройство 50 может представлять собой удерживаемое в руке вычислительное устройство, такое как планшетный компьютер, смартфон, считыватель, ноутбук, стационарное вычислительное устройство, какое-либо другое электронное устройство или сервис, способные принимать сигналы и вычислять точки данных с использованием алгоритмов и обработки. Компьютеризированное устройство 50 может содержать дисплейный экран или графический пользовательский интерфейс (GUI), которые предоставляют соответствующую информацию пользователю-человеку, или оно может быть соединено с другим вычислительным устройством через сеть связи, Интернет или облачный сервис для передачи соответствующей информации в какое-либо другое место.

25

Система 10, описанная со ссылкой на ФИГ.1-2, может иметь множество применений в различных отраслях промышленности и условиях. Они могут включать применение в химической промышленности или в промышленности, связанной с ископаемым топливом, для определения типа материала на основе веса и/или для определения расхода этого материала внутри емкости или трубы. Система также может найти

применение при анализе окружающей среды, в рекреационных объектах, таких как бассейны, или в других условиях. Одним из конкретных вариантов применения системы 10 является ее применение с блоками для впрыска, используемыми в промышленности, связанной с ископаемым топливом. Блок для впрыска может быть использован для впрыска количества текучих химических добавок в нефтепровод для защиты труб нефтепровода от коррозии или с другой целью. Количество впрыскиваемого химического вещества может быть небольшим по сравнению с относительным объемом нефти в трубе, но зачастую критичным является впрыск надлежащего количества. Таким образом, необходимо знать точный расход текучего химического вещества при его впрыске в трубопровод.

На ФИГ.3А представлена иллюстрация системы для определения веса количества текучей среды 14А для измерения расхода указанного количества текучей среды 14А, подлежащего впрыску в трубу 60 с использованием системы впрыска, согласно второму варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. На ФИГ.3В представлено изображение системы впрыска, использующей систему 10, согласно второму варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. ФИГ.3А иллюстрирует систему 10, изображенную на ФИГ.1 и описанную применительно к нему, которая имеет емкость 12, заключающую в себе указанное количество текучей среды 14А. Вдоль боковой стенки 16 сосуда 12 размещен первый акустический датчик 20, который идентифицирует текучий материал. Вдоль нижней стенки 18 сосуда 12 размещен второй акустический датчик 30, измеряющий уровень заполнения указанным количеством текучей среды 14А емкости 12. Вблизи емкости 12 размещен датчик 40 температуры, определяющий температуру указанного количества текучей среды 14А.

Как показано на ФИГ.3А, указанное количество текучей среды 14А, которая в данном примере представляет собой текучее химическое вещество, может быть помещено в емкость 12, которая соединена с трубопроводом 60 через сеть труб 62, причем текучее химическое вещество 14А перекачивается из емкости 12 с помощью насоса 64 для текучей среды. Трубопровод 60 может содержать некоторое количество другой текучей среды 66, такой как ископаемое топливо или другая текучая среда, в зависимости от конструкции и области применения трубопровода. Система 10 может быть использована различными способами для точного впрыска текучего химического вещества 14А в трубу 60. Например, как было указано со ссылкой на ФИГ.1, первый акустический датчик 20 может определять тип материала текучего химического вещества 14А в емкости 12, в то время как второй акустический датчик 30 может определять уровень заполнения текучим химическим веществом 14А. При распределении текучего химического вещества 14А по трубам 62 и насосу 64, компьютеризированное устройство 50 может выполнять вычисления, результаты которых в виде сигналов 52 передаются через различные периоды времени или интервалы для определения уровня заполнения через каждый период времени. Эти результаты вычислений затем могут быть использованы для определения расхода текучего химического вещества 14А из емкости 12, который, в свою очередь, может быть использован для управления насосом 64 для впрыска текучего химического вещества 14А в трубу 60 с требуемой скоростью.

Еще в одном примере акустические датчики 20, 22 и 32, размещенные на трубе 60 или вблизи от нее, могут быть использованы для определения расхода текучей среды 66 через трубу 60 с использованием метода, описанного выше со ссылкой на ФИГ.1-2, например с использованием акустического датчика 20, который производит идентификацию текучей среды, и с использованием первого и второго акустических датчиков 22, 32, которые используются для определения

расхода, наряду с датчиком 42 температуры. Когда расход текучей среды 66 через трубу 60 определен, система 10 может управлять насосом 64 для впрыска части текучего химического вещества 14А, проходящего из емкости 12 в трубу 60. Если расход текучей среды 66 в трубе 60
5 изменяется или колеблется, то система 10 может быть способна регулировать расход текучего химического вещества 14А, проходящего из указанной емкости по трубам 62 в трубу 60, таким образом осуществляя точное управление измерением расхода текучего химического вещества 14А, поступающего в трубу 60. Таким образом, система имеет возможность
10 динамического управления впрыском текучего химического вещества 14А в трубу 60, чтобы гарантировать впрыск требуемого количества текучего химического вещества 14А, несмотря на флуктуации расхода текучей среды 66 внутри трубы 60.

15 В третьем примере могут быть определены значения расхода текучей среды 14А внутри емкости 12 или внутри трубы 62 и значение расхода текучей среды 66 внутри трубы 60, так что обеспечивается возможность динамического управления насосом для непрерывного регулирования скорости впрыска текучего химического вещества 14А в трубу 60 и
20 возможность мониторинга уровня текучего химического вещества 14А, чтобы гарантировать, что оно не будет случайно израсходовано. Любая комбинация данных примеров может быть использована для определения значений расхода текучих сред 14А, 66 или другого управления дозирующим устройством, таким как насос 64, для впрыска или
25 транспортировки одной текучей среды в другую.

Аналогично ФИГ.1-2, результаты вычислений по ФИГ.3А, выполненных системой 10, могут быть обработаны одним или более компьютеризированными устройствами 50, сообщающимися с акустическим
30 датчиком 20, который производит идентификацию материала текучей среды либо в емкости 12, либо в трубе 60, с акустическим датчиком 30,

который определяет уровень заполнения текучей среды 14А в емкости 12, и с другими акустическими датчиками 22, 32, которые определяют расход в трубе, а также с датчиками 40, 42 температуры. Хотя на ФИГ.3А показаны два компьютеризированных устройства 50, может быть использовано любое количество компьютеризированных устройств 50. Указанные одно или более компьютеризированных устройств 50 могут принимать обнаруженную информацию в виде сигналов 52 от датчиков, которые могут передаваться с помощью проводной связи, беспроводной связи или любой их комбинации. Указанные одно или более компьютеризированных устройств 50 могут представлять собой удерживаемые в руке вычислительные устройства, такие как планшетный компьютер, смартфон, считыватель, ноутбук, стационарное вычислительное устройство, какое-либо другое электронное устройство или сервис, способные принимать сигналы и вычислять точки данных с использованием алгоритмов и обработки. Указанные одно или более компьютеризированных устройств 50 могут содержать дисплейный экран или графический пользовательский интерфейс, которые предоставляют соответствующую информацию пользователю-человеку, или они могут быть соединены с другим вычислительным устройством через сеть связи, Интернет или облачный сервис для передачи соответствующей информации в какое-либо другое место.

Одно из многих преимуществ системы 10 состоит в том, что она может быть использована в существующей инфраструктуре, относящейся к текучей среде, без значительных изменений. Например, как показано на фиг.3В, блок для впрыска, установленный на салазках, может быть использован в удаленном месте, где осуществляется хранение нефти и/или ее подача по подземной трубе 60. В местах такого типа зачастую невозможно получить доступ к трубе 60 (показанной пунктирными линиями), поскольку она заглублена или иным образом не является легкодоступной. Блок впрыска, установленный на салазках, может быть размещен над трубой 60 таким образом, что химическая добавка может

впрыскиваться в соответствующем месте вдоль трубопровода. Источник электропитания может отсутствовать в этом удаленном месте, поэтому для питания насоса 64, который управляет впрыском текучего химического вещества в трубу 60, могут быть использованы источник 70 на основе солнечной энергии и батарея 72. Система 10 имеет низкие требования к питанию, которые могут быть легко выполнены с помощью существующих источников на основе солнечной энергии на блоках для впрыска. В дополнение, датчики системы 10 могут быть легко встроены в существующие жидкостные емкости блоков для впрыска либо путем модернизации, либо при исходном изготовлении. Конечно, следует отметить, что система 10 может быть использована и с другими емкостями для нефтяных текучих сред, включая танкеры, цистерны и т.д.

Раскрытие настоящего изобретения также способно обеспечить преимущества с точки зрения мониторинга расхода текучей среды в ситуациях, когда расход (текучей среды через трубу) изменяется. На ФИГ.4А представлена иллюстрация системы для определения изменений расхода для количества текучей среды 14 из емкости 12 согласно первому приведенному для примера варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения. На ФИГ.4В представлена иллюстрация системы для определения изменений расхода для количества текучей среды 66 в трубе 60 согласно первому приведенному для примера варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения. Как показано на обоих ФИГ.4А-4В, система 10 может быть выполнена в виде по существу цельного измерительного устройства, которое выполнено с возможностью размещения вокруг впускной или выпускной трубы 12А емкости 12 (фиг.4А) или вокруг трубы 60 трубопровода или другой системы подачи текучей среды (фиг.4В) для мониторинга движения текучей среды. После обнаружения любого движения текучей среды 14, 66 система 10 будет измерять значения расхода. При необходимости, система 10 может также идентифицировать тип текучего материала, так что обеспечивается

возможность определения полных данных о всех значениях расхода
текучих сред 14, 66 по объему и весу, а также фактического типа
материала. Согласно обоим ФИГ.4А-4В, если текучая среда 14, 66 не течет
в трубе 12А, 60, то система 10 может периодически опрашивать первый и
5 второй акустические датчики 22 и 32 для определения момента начала
протекания потока текучей среды. При необходимости, система 10 может
быть запрограммирована на опрос для определения момента окончания
протекания потока текучей среды 14, 66. Также может быть обеспечено
обратное действие, состоящее в том, что при протекании потока в трубе
10 12А, 60 система 10 определяет момент окончания протекания. Благодаря
способности системы 10 определять моменты начала и окончания
протекания потока текучей среды 14, 66, обеспечивается дополнительная
точность измерения веса текучей среды, проходящей по трубе 12А, 60.
Дополнительно следует отметить, что система 10 может быть способна
15 осуществлять двунаправленное определение расхода, балансировку массы
емкости и итоговое суммирование в обоих направлениях потока.

Как можно понять, описанная в данном документе система 10 и
соответствующие устройства и способы способны обеспечивать
20 существенные преимущества с точки зрения измерения значений расхода
текучих сред. Одно из этих преимуществ состоит в том, что система может
быть использована для точного измерения величины подачи текучей среды
в резервуары, контейнеры или емкости или из них для обеспечения
точного итогового перемещения продукта. Система 10 может также быть
25 использована для точной подготовки документации на передачу текучих
материалов между третьими сторонами. Система 10 также может быть
использована для точной идентификации утечек жидкого материала из
резервуара, контейнера или емкости, а также для точного мониторинга
запасов жидких материалов, хранящихся в резервуаре, контейнере или
30 емкости.

На ФИГ.5А представлена блок-схема 100, иллюстрирующая способ измерения текучей среды в резервуаре согласно первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. Следует отметить, что любые описания процессов или блоки на блок-схемах должны пониматься как представляющие модули, сегменты, части кода или этапы, которые включают в себя одну или более инструкций для реализации определенных логических функций в процессе, и в объем раскрытия настоящего изобретения включены альтернативные варианты реализации, в которых функции могут выполняться не в том порядке, в котором они показаны или описаны, включая, по существу, одновременное выполнение или выполнение в обратном порядке, в зависимости от задействованных функциональных возможностей, как должно быть понятно специалистам в области техники, к которой относится раскрытие настоящего изобретения.

15

Как показано с помощью блока 102, используют акустические параметры и информацию о температуре для идентификации конкретной измеряемой текучей среды. После идентификации и определения температуры текучей среды, используют скорость акустической волны в текучей среде для вычисления уровня текучей среды внутри емкости (блок 104). Определяют объем жидкости с использованием информации об объеме емкости, определяемом ее размерами (блок 106). Определяют плотность текучей среды с использованием температуры и результата идентификации материала (блок 108). Точно определяют вес текучей среды внутри емкости с использованием объема текучей среды и плотности текучей среды (блок 110). Выполняют периодические вычисления веса текучей среды, посредством которых определяют фактические изменения веса текучей среды, и таким образом определяют фактические значения расхода текучей среды, полностью скорректированные для компенсации изменений объема материала (блок 112).

25

30

На ФИГ.5В представлена блок-схема 130, иллюстрирующая способ измерения текучей среды в трубе, согласно первому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. Следует отметить, что любые описания процессов или блоки на блок-схемах должны пониматься как представляющие модули, сегменты, части кода или этапы, которые включают в себя одну или более инструкций для реализации определенных логических функций в процессе, и в объем раскрытия настоящего изобретения включены альтернативные варианты реализации, в которых функции могут выполняться не в том порядке, в котором они показаны или описаны, включая, по существу, одновременное выполнение или выполнение в обратном порядке, в зависимости от задействованных функциональных возможностей, как должно быть понятно специалистам в области техники, к которой относится раскрытие настоящего изобретения.

15

Как показано с помощью блока 132, используют акустические параметры и информацию о температуре для идентификации конкретной измеряемой текучей среды. После идентификации и определения температуры текучей среды используют скорость акустического потока в текучей среде для вычисления объемного расхода внутри трубы (блок 134). Объемный расход текучей среды определяют с использованием информации об объеме трубы, определяемом ее размерами, и вычисленного расхода (блок 136). Определяют плотность текучей среды с использованием температуры и результата идентификации материала (блок 25 138). Точно определяют весовой расход текучей среды внутри трубы с использованием объемного расхода текучей среды и плотности текучей среды (блок 140). Выполняют периодические вычисления массового расхода текучей среды, посредством которых определяют текущие изменения веса текучей среды, и таким образом определяют текущие значения расхода текучей среды, полностью скорректированные для компенсации изменений объема материала (блок 142).

Хотя описание со ссылкой на ФИГ.1-5В в первую очередь посвящено определению массы материала и определению расхода материала, аналогичные методы могут быть использованы для определения конструктивных характеристик контейнера или емкости, заключающих в себе текучую среду. На ФИГ.6 представлена иллюстрация 200 способа определения конструктивных характеристик емкости по ФИГ.1 согласно третьему варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. На ФИГ.6 представлена иллюстрация 300 комплексных методов обработки сигналов, используемых со способом определения конструктивных характеристик емкости 12 по ФИГ.1 согласно третьему варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера.

15 Возбуждают нелинейный сверхширокополосный акустический/ультразвуковой сигнал с использованием линейной/прямой/обратной/экспоненциальной частотной модуляции. Помимо измерения абсолютного времени пролета, регистрируют также разность значений времени пролета. Поскольку звуковые волны являются дисперсионными по своей природе, используют дисперсионные характеристики для определения температурных эффектов и локализованного мониторинга конструктивной целостности, который включает в себя, главным образом, обнаружение коррозии, расслоения и трещин. Для достижения высокой точности и надежности принимаемый сигнал (либо от того же самого преобразователя в эхо-импульсном режиме, либо от второго преобразователя в эхо-зеркальном режиме) обрабатывают в системе сбора и обработки данных. Может быть использована комплексная обработка сигналов с использованием множества инструментов обработки сигналов. Некоторыми из ключевых выделенных признаков являются абсолютное время пролета, разность значений времени пролета, фаза, амплитуда и частота.

Со ссылкой на ФИГ.1, 6 и 7 в совокупности, способ и система, раскрытые на ФИГ.6, могут быть использованы с конструктивными признаками, раскрытыми на ФИГ.1, для определения конструктивных характеристик емкости 12. Например, емкость 12 или другой конструктивный контейнер, способный удерживать текучую среду, может быть выполнена из частей, которые являются проводящими и непроводящими. Методы обработки используют нелинейный сверхширокополосный акустический/ультразвуковой сигнал, который возбуждают с использованием линейной/прямой/обратной/экспоненциальной частотной модуляции. Помимо измерения абсолютного времени пролета, регистрируют также разность значений времени пролета. Поскольку звуковые волны являются дисперсионными по своей природе, используют дисперсионные характеристики для определения температурных эффектов и локализованного мониторинга конструктивной целостности самой емкости 12. Это может включать в себя обнаружение коррозии, расслоения и трещин, наряду с другими конструктивными характеристиками, которые желательно контролировать или обнаруживать. Для достижения высокой точности и надежности принимаемый сигнал (либо от того же самого преобразователя в эхо-импульсном режиме, либо от второго преобразователя в эхо-зеркальном режиме) обрабатываются в системе сбора и обработки данных. На ФИГ.6 представлены дополнительные подробности относительно возможных методов обработки сигналов, включая более комплексную обработку сигналов с использованием множества инструментов обработки сигналов. Некоторыми из ключевых выделенных признаков являются абсолютное время пролета, разность значений времени пролета, фаза, амплитуда и частота.

В качестве рабочего примера, было изучено использование ультразвуковых направляемых волн для обнаружения повреждений в

трубах. Как правило, продольные (осесимметричные) режимы возбуждаются и обнаруживаются с помощью преобразователей на PZT (цирконат-титанате свинца) в режиме передачи для этой цели. В большинстве исследований изучалось изменение интенсивности принимаемого сигнала в зависимости от степени повреждения, в то время как в настоящем исследовании изучается изменение фазы, времени пролета (time-of-flight, TOF) и разности значений времени пролета распространяющихся волновых мод в зависимости от размера повреждения. Метод взаимной корреляции используется для регистрации небольших изменений TOF по мере изменения размера повреждения в стальных трубах. Вычисляют дисперсионные кривые для тщательной идентификации распространяющихся волновых мод. Регистрируют и сравнивают значения разности TOF для различных распространяющихся волновых мод. Используют методы выделения признаков для выделения фазовой и частотно-временной информации. Основное преимущество данного подхода состоит в том, что, в отличие от регистрируемой интенсивности сигнала, на выделяемые TOF и фазу не влияют условия связи между преобразователем и трубой. Следовательно, если труба не повреждена, но связь между преобразователем и трубой ухудшилась, то даже при изменении интенсивности принимаемого сигнала TOF и фаза остаются прежними, что предотвращает ложную положительную сигнализацию о повреждении. Цель состоит не только в обнаружении повреждения, но и в его количественном определении или, иначе говоря, в оценке размера повреждения. Переходные сигналы для труб в идеальном состоянии и поврежденных труб обрабатывались с использованием быстрого Фурье-преобразования (Fast Fourier Transform, FFT), преобразования на основе распределения Вигнера-Вилля (Wigner-Ville Distribution Transform, WVDT), S-преобразования (ST) и преобразования Гильберта-Хуанга (Hilbert Huang Transform, HHT). Было продемонстрировано, что время пролета чувствительно к размеру повреждения на стенке трубы. Мгновенная фаза, выделенная с помощью

ННТ, также может быть использована для обнаружения повреждения. Для оценки размера повреждения должен отслеживаться фазовый сдвиг, связанный с модой $L(0,1)$, после отделения моды $L(0,1)$ от моды $L(0,2)$ с учетом соответствующего функционального вклада собственных мод. FFT, S-преобразование и WVD-преобразование не показали какого-либо значительного и устойчивого сдвига частоты и амплитуды распространяющихся волн для повреждения диаметром 1,6 мм. Однако заметное изменение амплитуды распространяющейся волны наблюдалось для повреждений типа отверстий диаметром 3,25 мм и 6,35 мм. При обследовании трубы непосредственно на месте, падение амплитуды принятого сигнала может быть результатом ухудшения связи между датчиками и трубой. Следовательно, вместо мониторинга интенсивности принимаемого сигнала рекомендуется измерять изменения TOF и фазового сдвига сигнала для обнаружения и мониторинга повреждений на стенке трубы, поскольку эти параметры не подвержены влиянию условий связи между датчиками и трубой. Результаты показывают, что возможно обнаружение и количественное определение дефектов типа отверстий в трубе путем мониторинга изменения TOF и фазовых сдвигов, соответствующих направляемых волновых мод.

Еще в одном примере измерялось изменение TOF вследствие коррозии в арматурных стальных стержнях. Переходные сигналы для образцов без коррозии и с коррозией обрабатывались с использованием FFT, STFT, CWT и ST. Информация TOF была получена с помощью ST и метода взаимной корреляции. Было продемонстрировано, что TOF моды $L(0,1)$ показывает высокую чувствительность к уровню коррозии в стальных стержнях. FFT, STFT, CWT и ST показывают значительные изменения амплитуды распространяющихся волн. Вследствие дисперсионной природы распространяющихся волн, для анализа сигналов лучше использовать ST вместо FFT, STFT и CWT. При более высоких частотах ST дает надежные результаты во временной области, однако некоторая часть информации,

связанная с частотой, теряется. Уменьшение амплитуды регистрируемого сигнала может быть вызвано коррозией, а также ухудшением механической связи между датчиками и образцами, однако такое ухудшение связи не влияет на TOF. Следовательно, измерение TOF является более надежным для количественного измерения уровня коррозии. Обнаружено, что мода $L(0,1)$ является очень надежной для обнаружения коррозии и мониторинга ее прогрессирования. Вызванное коррозией изменение TOF, полученное с помощью ST, и перекрестная корреляция хорошо согласуются друг с другом, а также точно соответствуют теоретическим дисперсионным кривым. Вычисленные дисперсионные кривые помогли идентифицировать распространяющуюся направляемую волновую моду, используемую для мониторинга уровня коррозии в арматурных стальных стержнях.

В соответствующем варианте осуществления объекта раскрытия изобретения могут также быть использованы нелинейные ультразвуковые испытания (определение характеристик/оценка) для измерения прочности материала. Материалы могут быть изотропными и анизотропными (металлы и неметаллы). Например, присадочные материалы в обрабатывающей промышленности, такой как индустрия трехмерной печати, могут использовать комбинацию исходного порошка и использованного порошка, который остался от более раннего производственного процесса. Известно, что такие свойства материала, как модуль упругости и плотность, изменяются вследствие изменения температуры, давления и других факторов. Следовательно, конструктивная целостность, независимо от геометрии, непосредственно связана с тем, сколько раз может быть повторно использован рециркулируемый порошок. Аналогичным образом, прочность композиционных материалов и бетона (включая, без ограничения, обычный бетон, геополимерный бетон и т.д.) также непосредственно связана с составом. В случае бетона, на прочность могут влиять размер зёрен заполнителя, время отверждения, качество цемента и т.д. Соответственно, прочность и надежность бетона на различных этапах

отверждения успешно определяются с использованием метода нелинейных ультразвуковых испытаний.

В соответствующем варианте осуществления раскрытия настоящего изобретения на емкости для текучей среды или резервуаре для текучей среды любого типа могут быть использованы акустические датчики для определения уровня заполнения, благодаря которым включается или подается сигнал оповещения, если уровень текучей среды выходит за пределы заданного уровня. Как обсуждалось в разделе «Фон», обычные датчики уровня наполнения резервуара доступны для определения уровня наполнения путем измерения уровня наполнения сверху вниз до поверхности жидкости или с помощью встроенных радарных устройств, проводов датчиков и трубок, которые устанавливаются внутри резервуара. Однако эти датчики уровня заполнения не являются высокоточными из-за наличия паров, которые могут исказить измерения расстояния до фактического уровня жидкости. Кроме того, эти обычные датчики уровня необходимо устанавливать внутри резервуаров или контейнеров, которые часто имеют внутренние плавающие крыши и другие препятствия, которые затрудняют эксплуатацию, обслуживание и техническое обслуживание обычных датчиков уровня.

Согласно четвертому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера, датчик уровня заполнения резервуара с сигнализацией может быть использован для определения различных критериев, относящихся к резервуару, включая наличие текучей среды внутри резервуара, наличие конструкционного материала или отсутствие жидких или конструкционных материалов, т.е., там, где на определенных уровнях внутри емкости для текучей среды существует воздушный зазор. Сосуд для текучей среды может, как правило, содержать нефть, газ, другой нефтепродукт, но сосуд для текучей среды может удерживать или содержать любой другой тип текучей среды. Следует

отметить, что идентификация типа текучей среды не должна быть определена или известна.

На фиг.8 представлена схематическая иллюстрация системы 400 для
5 определения уровня заполнения количества текучей среды внутри емкости
для текучей среды, согласно четвертому приведенному для примера
варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения. Как
проиллюстрировано, емкость 412 для текучей среды содержит некоторое
количество текучей среды 414 во внутреннем отсеке емкости. Сосуд 412
10 для флюида или резервуар имеет донную конструкцию, одну или более
боковых стенок 416 и крышу 418. По меньшей мере один акустический
датчик 420А выполнен с возможностью размещения вдоль боковой стенки
416 емкости 412, причем по меньшей мере один акустический датчик 420А
определяет уровень заполнения указанным количеством текучей среды 414
15 емкости 412. Хотя система 400 может быть выполнена с возможностью
работы только с одним акустическим датчиком 420А, может быть
выполнено с возможностью использования множества датчиков. Например,
на фиг.8 два акустических датчика 420А и 420В расположены вблизи
верхней части емкости 412 для определения возможного переполнения
20 емкости 412. Акустические датчики расположены снаружи емкости 412
таким образом, что они не должны контактировать с текучей средой 414
внутри, а также не должны быть полностью или частично размещены во
внутреннем отсеке емкости 412. Один или более дополнительных
акустических датчиков 430А, 430В также могут быть включены в других
25 местах емкости 412, например, в направлении дна емкости 412, как
показано на фиг.8, для того, чтобы обнаружить в нем небольшое
количество текучей среды 414. Также возможно размещение
дополнительных акустических датчиков 430А, 430В в любом другом месте
или местах на емкости 412. Система 400 может содержать любой из
30 раскрытых признаков относительно любого другого фигуры или варианта
реализации настоящего изобретения.

Одним из преимуществ настоящей системы 400 является то, что с использованием двух или более акустических датчиков 420А, 420В, 430А, 430В или аналогичных преобразователей, расположенных относительно
5 близко друг к другу, *например*, приблизительно на расстоянии нескольких дюймов друг от друга, на внешней стороне емкости 412, возможно обнаружение присутствия текучей среды 414 и других свойств текучей среды, таких как акустическая скорость и плотность текучей среды, затухание текучей среды, вязкость текучей среды, резонанс текучей среды
10 и/или спектры поглощения текучей среды внутри емкости 412 в этом месте. Это обнаружение свойств текучей среды может быть достигнуто независимо от конструкции емкости 412, включая внутренние препятствия, такие как трубы, структурные связи, уплотнения или мембраны, поплавки, конструкции крыши или другие конструкции. Соответственно, акустические
15 датчики 420А, 420В, расположенные вблизи верхней части емкости 412, могут обнаруживать, когда уровень текучей среды приближается к верхней части и, таким образом, склонен к переполнению, в то время как датчики в нижней части 430А, 430В емкости 412 или вблизи нее могут обнаруживать, когда уровень текучей среды становится слишком низким. Расположение
20 акустических датчиков может быть выбрано оператором сосуда 412 или другим лицом, и может быть выбрано любое местоположение вдоль сосуда 412.

В одном примере, характерном для нефтяной промышленности, может
25 потребоваться установка датчиков на четырех различных заданных уровнях в резервуаре. Эти положения датчика показаны на фиг.8 и включают: 1) высокий уровень датчика 420А; 2) высокий уровень на датчике 420В; 3) низкий уровень на датчике 430А; и 4) низкий уровень на датчике 430В. Такое позиционирование датчиков может обеспечивать
30 возможность двойного обнаружения, т.е. первоначального предупреждения и вторичного предупреждения, для уровня текучей среды вблизи верхней

части сосуда 412 и/или нижней части сосуда 412, соответственно. Аналогичные устройства могут быть использованы для обнаружения структурных компонентов, таких как плавающая крыша или воздушный зазор, или других ситуаций, когда в емкости 412 отсутствуют текучие среды или структурные компоненты. Для любого местоположения датчика система 400 может обеспечить применение сигнализации о переполнения или недостаточности заполнения с использованием двух или более датчиков 420А, 420В, 430А, 430В, расположенных на определенном уровне на емкости 412, для определения наличия текучей среды, конструкционного материала или воздушного зазора в этой точке. Когда-либо уровень заполнения обнаружен, либо не обнаружен в требуемом месте расположения датчиков 420А, 420В, 430А, 430В, система 400 может сообщать об обнаружении с помощью проводной или беспроводной системы сигнализации или связи 440, так что соответствующий персонал может быть уведомлен. Это может включать различные типы сигналов оповещения и функций оповещения, таких как электронные сообщения, звуковые сирены, световые сигналы и т. д., или это может быть использовано для запуска электромеханических устройств. Например, сигнал обнаружения переполнения может быть использован для отключения насоса для текучей среды, который подает текучую среду в емкость 412.

Следует отметить, что в дополнение к системе 400 для подачи операторам предупреждений о возможных условиях переполнения, она также может подавать сигналы оповещения относительно слишком низких уровней текучей среды. Причина беспокойства по поводу слишком низких уровней текучей среды относится, в целом, к плавающим крышам емкостей, возможно имеющих повреждения, и/или к обнаружению наличия воздушного пространства под плавающей крышей, которое может представлять потенциально опасную ситуацию с точки зрения пожара (наличие воздуха рядом с легковоспламеняющимися жидкостями). Кроме

того, может быть полезным выявление или предотвращение проблем, связанных с качеством воздуха в окружающей среде, или ситуаций, связанных с выбросами. При обнаружении падения уровня текучей среды 414 ниже положения, близкого к днищу емкости 412, сигнал может быть передан проводной или беспроводной системе сигнализации оповещения или связи 440 для уведомления о ситуации.

Система 400, раскрытая в данном документе, является усовершенствованной по сравнению с традиционными системами обнаружения по ряду причин. Одна из таких причин заключается в том, что система 400 использует датчики 420А, 420В и т. д., которые могут быть установлены на внешней или наружной поверхности емкости 412, тогда как традиционные датчики уровня текучей среды обычно устанавливаются внутри резервуара, например, на внутренней боковой стенке резервуара, на внутренней поверхности верхнего покрытия или размещают в другом положении внутри самого резервуара. Кроме того, система 400 может измерять дополнительные параметры текучей среды с наружной поверхности емкости. Эти традиционные датчики могут включать в себя радиолокационные устройства, установленные на внутренней части крыши резервуара, проволочные датчики, проходящие от верхней части резервуара к днищу, которые определяют низкую электрическую проводимость, если присутствует жидкость, а также механические поплавки, помимо прочего. Эти традиционные устройства являются дорогостоящими в установке и зачастую не функциональны в зависимости от конструкции резервуара. Например, резервуары с внутренними плавающими крышами будут создавать проблемы для многих из этих внутренних датчиков. Дополнительные проблемы, связанные с этими традиционными системами, относятся к отказу вследствие ухудшения состояния материалов внутренних датчиков, например, коррозии внутренних датчиков, из-за постоянного присутствия агрессивных жидкостей и газов внутри резервуаров.

Другое усовершенствование предмета изобретения по сравнению с традиционными системами состоит в том, что система 400 не требует четкого акустического пути через внутреннюю часть емкости 412, в отличие от традиционных систем, которые обычно требуют четкого акустического пути. В системе 400 датчики 420А, 420В, 430А, 430В установлены на наружной части емкости 412, и на них не влияет присутствие объектов на внутренней части боковой стенки емкости 412, включая трубы, кабели и/или несущие конструкции. Фактически, никакие препятствия на пути не будут искажать акустический сигнал системы 400. Поскольку в целях безопасности большинство нефтяных резервуаров спроектированы с плавающими крышами и, таким образом, имеют конструктивные и механические компоненты на акустическом пути, трудно выполнить емкость 412 с четким акустическим путем. Таким образом, система 400 может значительно улучшить определение уровня текучей среды по сравнению с традиционными системами, благодаря способности определять уровень текучей среды независимо от конструктивных или механических компонентов на акустическом пути. В некоторых случаях система 400 может быть использована для обнаружения наличия конструкций плавающей крыши при их прохождении мимо датчиков. Система 400 также может быть способна обнаруживать другие конструкции внутри резервуара, включая вторичные устройства уплотнения плавающей крыши.

Кроме того, следует отметить, что использование множества датчиков для определения уровня заполнения текучей среды 414 внутри емкости 412 может быть улучшено с помощью программного обеспечения для анализа данных, такого как машинное обучение. Например, если уровень текучей среды выше самого высокого вертикального датчика 420 на емкости, все же остается возможность определения уровня заполнения текучей среды на основе акустических данных, собранных от ряда

датчиков, установленных вертикально на емкости. Эти датчики могут излучать множество акустических сигналов, которые обрабатываются в вычислительном устройстве 440 с использованием приложения машинного обучения. Приложение машинного обучения может быть способно точно
5 определять уровень заполнения текучей среды 414 в емкости 412.

В подобном варианте осуществления предмета изобретения акустические датчики могут быть использованы для вычисления фактических уровней текучей среды между блоками датчиков, эффективно
10 действующими в качестве датчика изменяющегося уровня заполнения, и могут быть использованы для определения конструктивных характеристик контейнера или емкости, предназначенной для содержания текучей среды. Как обсуждалось в разделе «Уровень техники», существует нехватка
15 блоков для испытания стенок резервуара в режиме реального времени, доступных для определения толщины стенок, состояния материала стенок, какого-либо ухудшения состояния материала стенок и обнаружения каких-либо отложений материала внутри стенки. Для преодоления этих
20 недостатков на ФИГ.9 представлена схематическая иллюстрация системы 500 для анализа свойств емкости и/или материала внутри емкости, согласно пятому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. Как показано на ФИГ.9, емкость
25 512 имеет боковые стенки 516 и нижнюю стенку 518, которые вместе содержат некоторое количество текучей среды 514. Боковые стенки 516 имеют внутреннюю поверхность 516А, расположенную на границе раздела с текучей средой 514, и наружную поверхность 516В, расположенную на
30 границе раздела с внешней атмосферой. На наружной поверхности 516В емкости 512 расположены по меньшей мере два блока 560 датчиков, которые находятся в проводной или беспроводной связи с компьютеризированным устройством 550. Каждый блок 560 датчиков
30 содержит по меньшей мере два преобразователя 520, 530 и датчик 540 температуры, и работа двух преобразователей 520, 530 относительно

боковой стенки 516 емкости 512 и текучей среды 514 показана на увеличенном виде на ФИГ.9.

Как показано на увеличенном виде на ФИГ.9, один из преобразователей 520 создает продольную акустическую волну в боковой стенке 516. Отражение этой акустической волны используется для определения того, присутствует ли текучая среда в емкости 512 на вертикальной высоте преобразователя 520 и для определения толщины боковой стенки 516. Второй преобразователь 530 установлен под углом относительно боковой стенки 516 емкости 512. Например, второй преобразователь 530 может быть установлен на угловом блоке 532 или аналогичной конструкции, которая крепится к наружной поверхности 516В боковой стенки 516 и обеспечивает угловую платформу или поверхность для установки второго преобразователя 530, так что относительная ориентация второго преобразователя 530 относительно боковой стенки 516 является наклонной, т.е. находится в не перпендикулярном положении направления акустической волны второго преобразователя 530 относительно высоты боковой стенки 516. При необходимости наклонное положение второго преобразователя 530 можно изменять. В одном примере наклон может составлять по существу 45° .

Во время работы второй преобразователь 530 передает продольную акустическую волну, или поперечную волну, внутри боковой стенки 516. Эта продольная волна проходит вдоль боковой стенки 516, т.е. вниз по боковой стенке 516, когда преобразователь 530 наклонен вниз, или вверх по боковой стенке 516, когда преобразователь 530 наклонен вверх, и отражается от внутренней поверхности боковой стенки 516А и наружной поверхности боковой стенки 516В. Если в емкости 512 в непосредственной близости от месторасположения второго преобразователя 530 имеется воздух, то пропускание сигнала через внутреннюю боковую стенку 516А может быть ограниченным. На уровне текучей среды 514 будет одинаковый

процент пропускания (*например*, меньшая амплитуда в отраженной волне) для каждого «отражения» волны в боковой стенке 516. Тогда этот ослабленный сигнал поддается измерению на преобразователе 520 в пределах следующего нижнего блока 560 датчиков (или верхнего блока 5 560 датчиков, если второй преобразователь 530 наклонен вверх). В рамках этого процесса измеряют температуру боковой стенки 516 с помощью датчика 540 температуры, вычисляют толщину боковой стенки 516 и измеряют расстояние между блоками 560 датчиков.

10 Имея эти данные можно вычислить коэффициент отражения плоской волны, используя следующую формулу:

$$R = \frac{c_1 \rho_1 \cos \theta - c \rho \cos \theta_1}{c_1 \rho_1 \cos \theta + c \rho \cos \theta_1}$$

15 где c и c_1 - скорость звука в двух смежных материалах, т.е., материале, образующем боковую стенку 516, и текучей среде 514 внутри емкости 512 (или другом веществе в емкости 512, таком как воздух, конструктивный компонент, осадок на внутренней поверхности 516А боковой стенки 516 и т. д.), где ρ и ρ_1 - плотности двух смежных 20 материалов, и где θ и θ_1 - углы θ_1 , под которыми звуковая волна приближается к граничной поверхности, где встречаются два материала. Этот расчет может быть выполнен в вычислительном устройстве 550, которое принимает сигналы и показания от блоков 560 датчиков. Вычислительное устройство 550 также рассчитывает фактические уровни 25 текучей среды между блоками 560 датчиков. Таким образом, система 500 может эффективно действовать в качестве датчика изменяющегося уровня заполнения, так что фактический уровень текучей среды внутри емкости 512 может быть определен, когда он находится на любой высоте внутри емкости 512. Используя измеренные плотность, скорость и температуру 30 текучей среды 514, как описано ранее, вычислительное устройство 550

может идентифицировать тип материала текучей среды 514 путем сравнения этих показателей с показателями других текучих сред и жидкостей в акустической базе данных материалов.

5 Помимо определения типа материала текучей среды 514 внутри емкости 512, система 500 также может быть использована для других функций, которые относятся к емкости 512. Например, каждый блок 560 датчиков, расположенный вдоль боковой стенки 516 емкости 512, может функционировать в качестве точечного датчика уровня заполнения, 10 который, в свою очередь, может быть использован для отправки уведомлений или сигналов оповещения для определенных обнаруженных условий текучей среды 514, таких как слишком высокий уровень текучей среды 514 внутри емкости 512 или слишком низкий уровень текучей среды внутри емкости 512. Система 500 или любая другая система, в которой 15 используется множество точечных датчиков уровня, также может быть использована для дополнительной или оценочной проверки с другими датчиками текучей среды. Например, система 500 может быть использована для обеспечения подтверждения измерений уровня заполнения, выполненного с помощью других устройств, таких как традиционные 20 внутренние радиолокационные блоки и/или внешние блоки, которые контролируют поток текучей среды через выпускные и впускные отверстия емкости (например, как описано в отношении ФИГ.4А).

 При использовании как системы 400, описанной в отношении ФИГ.8, 25 так и системы 500, описанной в отношении ФИГ.9, следует отметить, что в дополнение к определению присутствия текучей среды внутри емкости, также возможно определение присутствия других материалов. Например, датчики могут быть способны обнаруживать осадок, который накапливается на боковой стенке или днище емкости, или присутствие 30 нежелательных веществ, которые смешались с текучей средой. В качестве конкретного примера может быть обнаружено присутствие воды внутри

емкости, содержащей нефтепродукты. Способность обнаруживать присутствие других материалов, помимо изначально предположенной текучей среды, может быть достигнута с помощью процесса, описанного ранее, где обнаруженные свойства этих других материалов сравнивают с базой данных материалов для обеспечения коррелированной идентичности материала.

Когда показания датчиков снимаются в течение определенного периода времени, также может быть возможно точно определить уровни уровня заполнения текучей средой, поскольку периодические измерения могут быть использованы для определения точной оценки скорости изменения уровня заполнения текучей среды, которая может эффективно действовать в качестве устройства измерения расхода текучей среды. Кроме того, показания, полученные в течение определенного периода времени, также могут быть использованы для обнаружения ухудшения состояния текучей среды. Например, периодическое снятие показаний текучей среды внутри емкости, например, каждый день или неделю, может позволить системе анализировать сравнение показаний акустических метрик текучей среды, которые могут быть использованы для определения относительного изменения этих свойств с течением времени. Это может быть использовано для определения того, имеет ли место существенное ухудшение качества текучей среды, которое может происходить в силу различных условий, например, если текучая среда хранится слишком долго, или если текучую среда с плохими свойствами, т.е. некачественную смесь, добавляют в емкость с высококачественной текучей средой.

Кроме того, система 500 может быть использована для определения или обнаружения изменений или ухудшения состояния боковой стенки емкости 512. Например, сигналы от первого и второго преобразователей 520, 530 могут быть записаны, когда уровень текучей среды в резервуаре в конкретное время испытания ниже обоих блоков 560, которые передают и

принимают ослабленный сигнал. Система 500 может быть использована для обнаружения или измерения изменений или ухудшения состояния боковой стенки 516 емкости 512, когда уровень текучей среды в емкости в конкретное время испытания выше или ниже обоих блоков 560, которые передают и принимают ослабленный сигнал. Например, с помощью двух верхних блока 560 датчиков на ФИГ.9, система 500 может обнаруживать изменения в боковой стенке 516, когда уровень текучей среды 514 расположен выше обоих из этих блоков 560 датчиков или расположен ниже обоих из этих блоков 560 датчиков, в то время как состояние боковой стенки 516 может быть невозможно обнаружить, когда уровень текучей среды 514 находится между этими двумя блоками 560 датчиков. С течением времени анализ данных, собранных в отношении толщины стенки и различных акустических сигнатур («акустических сигнатур объекта»), обусловленных уровнями заполнения резервуара, позволит системе 500 обнаруживать заметные изменения толщины стенки, состояния стенки, присутствия любого постороннего материала на внутренней поверхности 516А боковой стенки 516 емкости 512, обнаруживаемые периодически собираемыми акустических сигнатур объекта. Это также может обеспечить возможность определения аномалий между акустическими сигнатурами объекта из ранее записанных данных. С течением времени результаты могут обеспечить точный способ отслеживания ухудшения состояния боковой стенки 516 емкости, наличия отложений материала и толщины стенки для емкости 512 во время эксплуатации резервуара, не требующего опорожнения резервуара или иного вывода резервуара из его нормального рабочего состояния.

Со ссылкой на ФИГ.9, способ и система, раскрытые на ФИГ.9, могут быть использованы с конструктивными признаками, раскрытыми на ФИГ.1 и 8, для определения конструктивных характеристик емкости 512. Например, как показано на ФИГ.9, емкость 512 или другой конструктивный контейнер, способный содержать текучую среду, может быть выполнен из материалов,

которые являются проводящими и непроводящими. Первый блок 560 акустических датчиков (включающий один или более преобразователей и один датчик температуры) может быть выполнен с возможностью размещения вдоль боковой стенки емкости 512. Когда каждый из блоков 5 560 установлен, они будут измерять толщину стенки с высокой точностью. Каждый раз, когда один из блоков 560 собирает измерения, преобразователь 520 будет повторно измерять толщину стенки и передавать информацию в процессор компьютеризованного устройства 550. Процессор компьютеризованного устройства 550 будет сравнивать 10 измерения толщины с течением времени для определения любых изменений в долгосрочной перспективе.

Путем использования и сравнения периодических измерений и аналитических данных по акустическим метрикам между датчиками, 15 расположенными на определенных расстояниях друг от друга в течение длительного периода времени, т.е. из года в год, может быть обнаружена идентификация аномалий или изменений материала стенок. Определение любой такой аномалии или изменения предупредит эксплуатационные службы о необходимости принятия дополнительных мер.

20 Во время нормальной работы этих сенсорных блоков 560 датчиков система 500 может определять присутствие материала на внутренней поверхности стенки 516А. Например, идентификация отложений материала на внутренней поверхности боковой стенки 516 емкости 512 будет 25 определена, когда преобразователь 530 внутри блока 560 датчиков посылает ультразвуковой сигнал в боковую стенку 516, сигнал будет затухать в очень ограниченной степени, если с обеих сторон боковой стенки 516 имеется воздух. Если на внутренней поверхности 516А боковой стенки 516 имеются отложения твердого материала, то сигнал от 30 преобразователя 530 будет затухать намного сильнее, чем в воздухе, и в другой степени, чем для текучей среды 514 в резервуаре 512. Разница в

затухании может быть охарактеризована с использованием идентификационных данных преобразователя 520. Если имеются отложения материала напротив преобразователя 520, то будет иметь место вторичное отражение, указывающее на наличие отложения и несколько свойств его материала.

На ФИГ.10 представлена блок-схема 600, иллюстрирующая способ определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости для текучей среды согласно четвертому варианту осуществления раскрытия настоящего изобретения, приведенному для примера. Следует отметить, что любые описания процессов или блоки на блок-схемах должны пониматься как представляющие модули, сегменты, части кода или этапы, которые включают в себя одну или более инструкций для реализации определенных логических функций в процессе, и в объем настоящего изобретения включены альтернативные варианты реализации, в которых функции могут выполняться не в том порядке, в котором они показаны или описаны, включая, по существу, одновременное выполнение или выполнение в обратном порядке, в зависимости от задействованных функциональных возможностей, как должно быть понятно специалистам в области техники, к которой относится раскрытие настоящего изобретения.

Как показано в блоке 602, емкость содержит текучую среду. По меньшей мере один акустический датчик расположен по существу на наружной боковой стенке емкости (блок 604). Компьютеризованное устройство сообщается по меньшей мере с одним акустическим датчиком, причем процессор компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от по меньшей мере одного акустического датчика и передает предупреждение о сигнале определения (этап 606). Сигнал определения может включать в себя сигнал определения текучей среды на одном или более обозначенных уровнях вдоль высоты емкости, сигнал определения конструкционного материала на одном или более обозначенных уровнях

вдоль высоты емкости и/или сигнал определения воздушного зазора на одном или более обозначенных уровнях вдоль высоты емкости, помимо других типов сигналов определения. Сигнал определения может быть использован для определения фактического уровня заполнения текучей среды внутри емкости и/или для приведения в действие сигнала оповещения о переполнении, соответствующего емкости, сигнала оповещения о выбросах, соответствующего емкости, и/или сигнала оповещения о воздушном зазоре, соответствующего емкости, помимо других действий. В способ может быть включено любое количество дополнительных этапов, функций, процессов или их вариантов, включая любое их количество, раскрытое в отношении любой другой фигуры настоящего раскрытия.

На ФИГ.11 представлена блок-схема 700, иллюстрирующая способ определения идентичности материала текучей среды, хранящейся в емкости, согласно четвертому варианту осуществления раскрытия изобретения, приведенному для примера. Следует отметить, что любые описания процессов или блоки на блок-схемах должны пониматься как представляющие модули, сегменты, части кода или этапы, которые включают в себя одну или более инструкций для реализации определенных логических функций в процессе, и в объем настоящего изобретения включены альтернативные варианты реализации, в которых функции могут выполняться не в том порядке, в котором они показаны или описаны, включая, по существу, одновременное выполнение или выполнение в обратном порядке, в зависимости от задействованных функциональных возможностей, как должно быть понятно специалистам в области техники, к которой относится раскрытие настоящего изобретения.

Как показано в блоке 702, по меньшей мере два акустических датчика расположены по существу на наружной боковой стенке емкости, содержащей текучую среду, причем два акустических датчика

расположены на емкости на заданных высотах. Компьютеризованное устройство сообщается по меньшей мере с двумя акустическими датчиками, причем процессор компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от одного или более из по меньшей мере двух акустических датчиков, причем компьютеризованное устройство использует сигнал определения и измеренную информацию о текучей среде для получения акустической метрики текучей среды с компенсацией температуры, которая сравнивается с базой данных свойств материала для определения идентичности материала текучей среды внутри емкости (блок 704).

5

10

15

20

25

Измеренная информация о текучей среде может быть по меньшей мере одной из следующего: обнаруженной температурой текучей среды; скоростью текучей среды; или плотностью текучей среды. Кроме того, компьютеризованное устройство может принимать множество сигналов определения в течение определенного периода времени, при этом по меньшей мере часть из множества сигналов определения используется для определения изменения свойств материала текучей среды. Изменение свойств материала текучей среды содержит по меньшей мере одно из следующего: ухудшение состояния текучей среды; деградацию текучей среды или загрязнение текучей среды. Кроме того, сигнал определения используется для определения наличия материала, отличного от текучей среды, например: количество воздуха; конструктивный компонент емкости; мембрана емкости; количество воды; и/или количество осадка на днище или боковой стенке емкости. В способ может быть включено любое количество дополнительных этапов, функций, процессов или их вариантов, включая любое их количество раскрытое в отношении любой другой фигуры настоящего раскрытия.

На ФИГ.12 представлена блок-схема 800, иллюстрирующая способ определения состояния стенки сосуда согласно пятому варианту осуществления раскрытия изобретения, приведенному для примера. Следует отметить, что любые описания процессов или блоки на блок-

30

схемах должны пониматься как представляющие модули, сегменты, части
кода или этапы, которые включают в себя одну или более инструкций для
реализации определенных логических функций в процессе, и в объем
настоящего изобретения включены альтернативные варианты реализации,
5 в которых функции могут выполняться не в том порядке, в котором они
показаны или описаны, включая, по существу, одновременное выполнение
или выполнение в обратном порядке, в зависимости от задействованных
функциональных возможностей, как должно быть понятно специалистам в
области техники, к которой относится раскрытие настоящего изобретения.

10

Как показано в блоке 802, емкость содержит текучую среду. Первый
и второй акустические датчики расположены по существу на наружной
боковой стенке емкости, причем первый и второй датчики расположены на
емкости на заданной высоте, и при этом второй акустический датчик
15 расположен под углом относительно стенки емкости (блок 804).

Компьютеризованное устройство сообщается с двумя акустическими
датчиками, причем процессор компьютеризованного устройства принимает
сигнал определения от первого и второго акустических датчиков, при этом
сигнал определения от первого акустического датчика используется для
20 определения толщины стенки емкости, а сигнал определения от второго
акустического датчика обеспечивает ослабленный сигнал, причем

состояние стенки емкости может быть определено на основе толщины
стенки и величины затухания в ослабленном сигнале (блок 806). Следует
отметить, что состояние стенки емкости может включать в себя одно или

25 более из следующего: обнаруженное изменение толщины стенки емкости;
идентификацию отложений материала на стенке емкости; и/или

конструктивное ухудшение состояния стенки емкости. Кроме того,
компьютеризованное устройство может принимать множество первых и
вторых сигналов за период времени, в результате чего может быть

30 определено изменение состояния стенки емкости за указанный период
времени. В способ может быть включено любое количество

дополнительных этапов, функций, процессов или их вариантов, включая любое их количество, раскрытое в отношении любой другой фигуры настоящего раскрытия.

5 Следует подчеркнуть, что вышеописанные варианты осуществления раскрытия настоящего изобретения, в частности любые «предпочтительные» варианты осуществления, являются лишь возможными примерами вариантов реализации, изложенными лишь для четкого понимания принципов раскрытия настоящего изобретения. Многие
10 изменения и модификации могут быть внесены в вышеописанный вариант (варианты) осуществления раскрытия настоящего изобретения без существенного отклонения от сущности и принципов раскрытия настоящего изобретения. Все подобные модификации и изменения предназначены для включения в настоящий документ в рамках объема раскрытия настоящего
15 изобретения и защищены нижеследующей формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости для текучей среды, содержащая:

5 емкость, содержащую текучую среду;

по меньшей мере один акустический датчик, выполненный с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке указанной емкости; и

10 компьютеризованное устройство, сообщаемое с указанным по меньшей мере одним акустическим датчиком, причем процессор компьютеризованного устройства выполнен с возможностью приема сигнал определения от указанного по меньшей мере одного акустического датчика и передачи предупреждения о сигнале определения.

15 2. Система по п. 1, в которой сигнал определения текучей среды содержит по меньшей мере одно из следующего: сигнал определения текучей среды на одном или более заданных уровнях вдоль высоты емкости, сигнал определения конструкционного материала на одном или более заданных уровнях вдоль высоты емкости и сигнал определения
20 воздушного зазора на одном или более заданных уровнях вдоль высоты емкости.

3. Система по п. 1 или 2, в которой сигнал определения используется для определения фактического уровня заполнения текучей
25 среды внутри емкости: на емкости на заданной высоте, которая соответствует высоте расположения по меньшей мере одного акустического датчика на емкости или

в которой по меньшей мере один акустический датчик дополнительно содержит по меньшей мере два акустических датчика,

причем сигнал определения использован для определения фактического уровня заполнения в положении на емкости, которое находится между по меньшей мере двумя акустическими датчиками.

5 4. Система по пп. 1, 2 или 3, в которой:

предупреждение от компьютеризованного устройства приводит в действие по меньшей мере одно из следующего: сигнал оповещения о переполнении, соответствующий емкости, сигнал оповещения о выбросах, соответствующий емкости или сигнал оповещения о воздушном зазоре, соответствующий емкости, или

10 сигнал определения использован для определения наличия материала, отличного от текучей среды, причем материал содержит по меньшей мере одно из следующего: количество воздуха, конструктивный компонент емкости, мембрану емкости, количество воды или количество осадка на днище или боковой стенке емкости.

15 5. Система по пп. 1, 2, 3 или 4, в которой компьютеризованное устройство выполнено с возможностью приема множества сигналов определения за период времени, при этом обеспечена возможность определения изменения уровня заполнения текучей среды за указанный период времени.

25 6. Система по пп. 1, 2, 3, 4 или 5, в которой по меньшей мере один акустический датчик дополнительно содержит первый и второй акустические датчики, выполненные с возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке емкости, причем первый и второй датчики расположены на емкости на заданной высоте, и

при этом второй акустический датчик расположен под углом относительно стенки емкости, посредством чего обеспечена возможность определения уровня заполнения текучей среды внутри емкости на основе величины затухания в сигнале определения.

7. Система для определения идентичности материала текучей среды, хранящейся в сосуде, содержащая:

по меньшей мере два акустических датчика, выполненные с
5 возможностью размещения по существу на наружной боковой стенке
емкости, содержащей текучую среду, при этом два акустических датчика
расположены на емкости на заданной высоте; и
компьютеризованное устройство, сообщаемое с указанными по
меньшей мере двумя акустическими датчиками, причем процессор
10 компьютеризованного устройства принимает сигнал определения от одного
или более из указанных по меньшей мере двух акустических датчиков, при
этом компьютеризованное устройство выполнено с возможностью
использования сигнала определения и измеренной информации о текучей
среде для получения акустической метрики текучей среды с компенсацией
15 температуры, которую сравнивают с базой данных свойств материала для
определения идентичности материала текучей среды внутри емкости.

8. Система по п. 7, в которой измеренная информация о текучей
среде дополнительно содержит по меньшей мере одно из следующего:
20 обнаруженную температуру текучей среды, скорость текучей среды,
плотность текучей среды, затухание в текучей среде, вязкость текучей
среды, резонанс текучей среды или спектры поглощения текучей среды.

9. Система по пп. 7 или 8, в которой компьютеризованное
25 устройство выполнено с возможностью приема множества сигналов
определения за период времени,
причем обеспечена возможность использования по меньшей мере
части указанного множества сигналов определения для определения
изменения свойств материала текучей среды,

при этом изменение свойств материала текучей среды содержит по меньшей мере одно из следующего: ухудшение состояния текучей среды, деградацию текучей среды или загрязнение текучей среды.

5 10. Система по пп. 7, 8 или 9, в которой сигнал определения
использован для определения наличия материала, отличного от текучей
среды, причем материал содержит по меньшей мере одно из следующего:
количество воздуха, конструктивный компонент емкости, мембрану
емкости, количество воды, другую текучую среду или количество осадка на
10 днище или боковой стенке емкости.

 11. Система по пп. 7, 8, 9 или 10, в которой компьютеризованное
устройство выполнено с возможностью определения объема и веса текучей
среды по существу мгновенно и за период времени, и
15 при этом компьютеризованное устройство выполнено с возможностью
определения расхода текучей среды по объему и весу на основе
измеренных изменений за указанный период времени.

 12. Система для определения состояния стенки емкости,
20 содержащая:
емкость, содержащую текучую среду;
первый и второй акустические датчики, выполненные с возможностью
размещения по существу на наружной боковой стенке емкости, при этом
первый и второй датчики расположены на емкости на заданной высоте, и
25 при этом второй акустический датчик расположен под углом относительно
стенки емкости; и
 компьютеризованное устройство, сообщаемое с двумя
акустическими датчиками, причем процессор компьютеризованного
устройства выполнен с возможностью приема сигнала определения от
30 первого и второго акустических датчиков, причем обеспечена возможность
использования сигнала определения от первого акустического датчика для

определения толщины стенки емкости, а сигнал определения от второго акустического датчика обеспечивает ослабленный сигнал,

причем обеспечена возможность определения состояния стенки емкости на основе толщины стенки и величины затухания в ослабленном
5 сигнале.

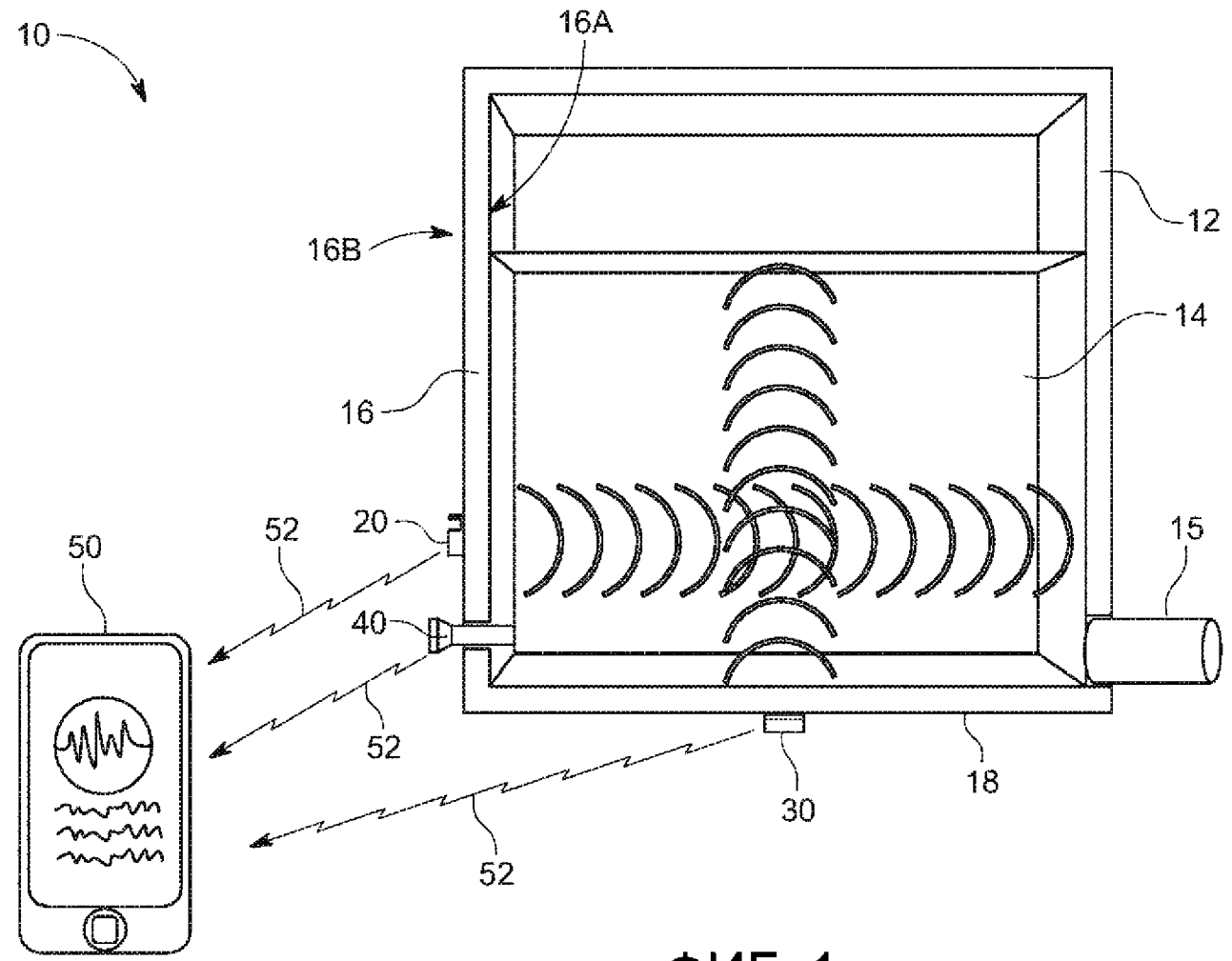
13. Система по п. 12, в которой состояние стенки емкости содержит по меньшей мере одно из следующего: обнаруженное изменение толщины стенки емкости, идентификацию отложений материала на стенке емкости и
10 конструктивное ухудшение состояния стенки емкости.

14. Система по п. 13, в которой обеспечена возможность приема множества первых и вторых сигналов компьютеризированным устройством за период времени, при этом обеспечена возможность определения
15 изменения состояния стенки емкости за указанный период времени.

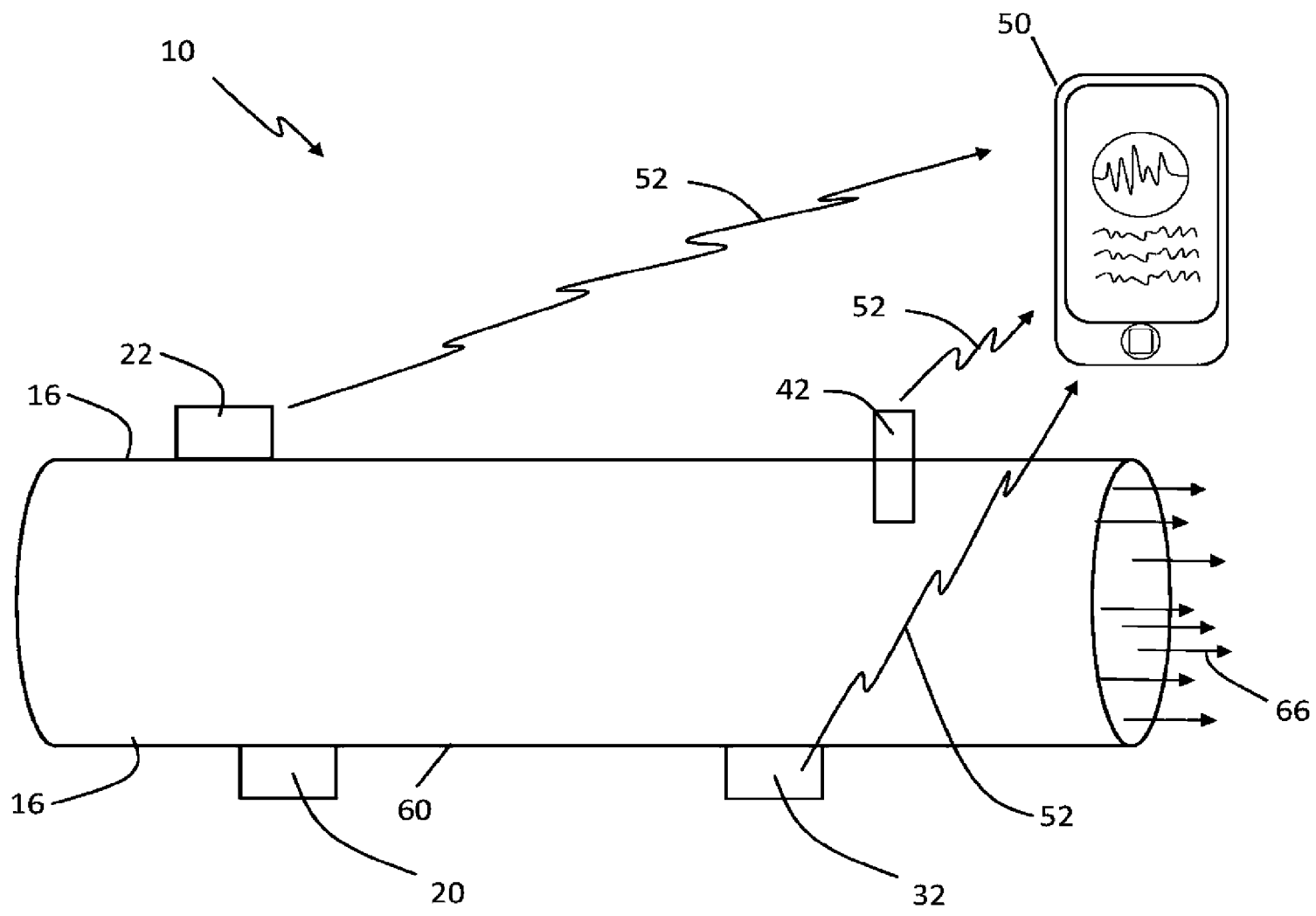
15. Система по пп. 12, 13 или 14, в которой компьютеризованное устройство:

выполнено с возможностью определения объема текучей среды на
20 основе по меньшей мере одного из следующего: градуировочной таблицы емкости или объемных данных о емкости; или

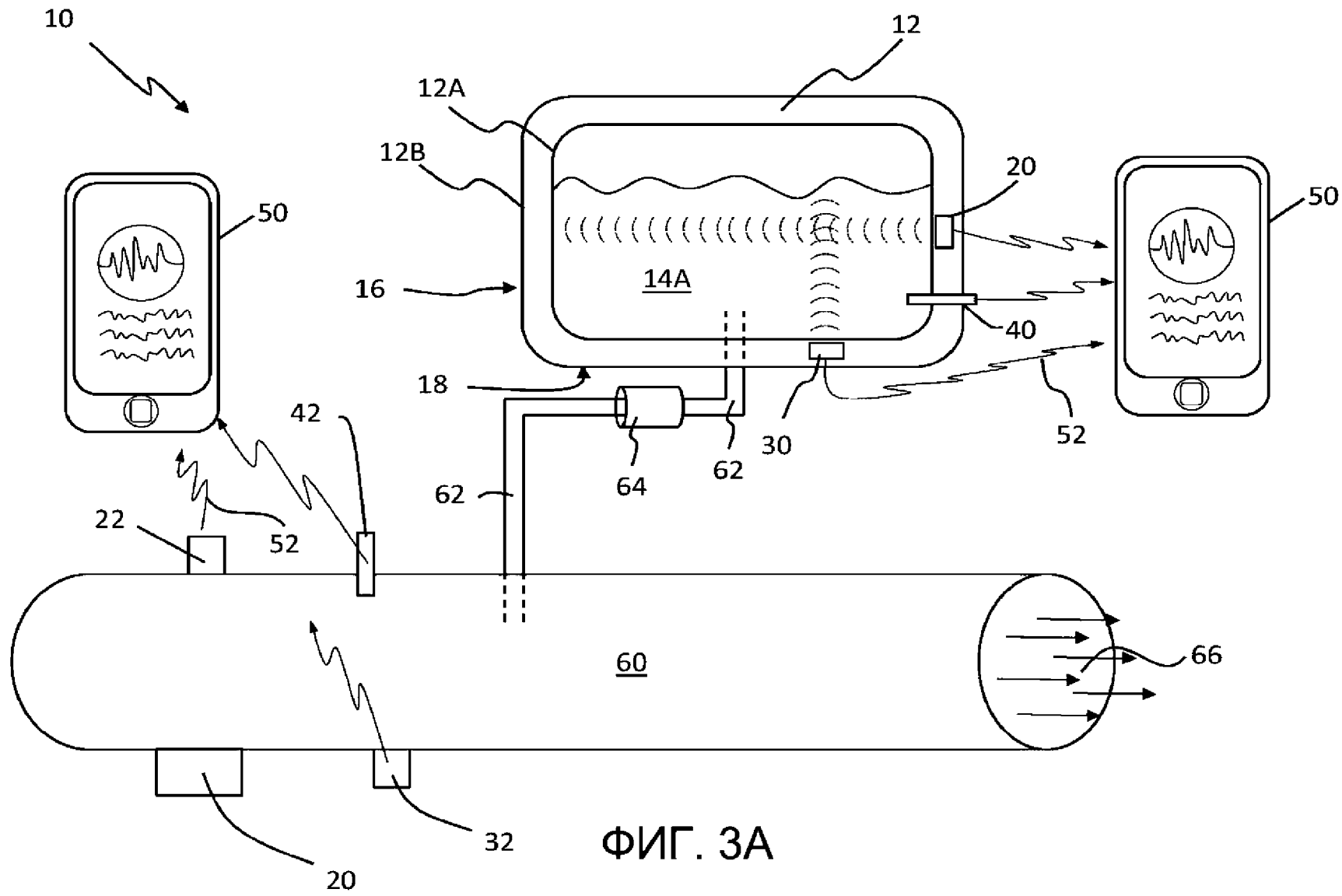
устройство выполнено с возможностью вычисления веса текучей среды на основе объема текучей среды, обнаруженной температуры текучей среды и по меньшей мере одного из следующего: идентичности
25 текучей среды или плотности текучей среды.



ФИГ. 1

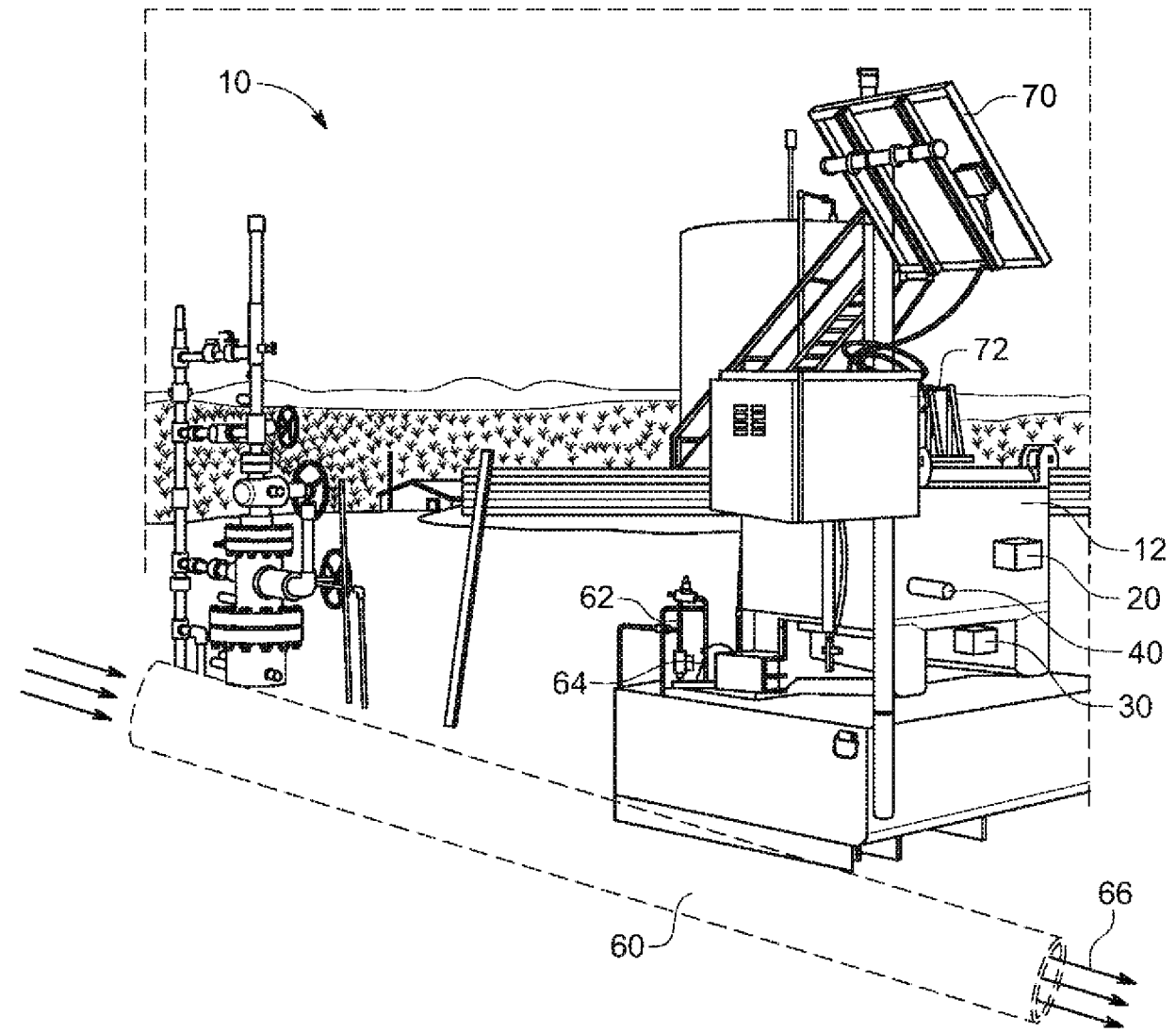


ФИГ. 2

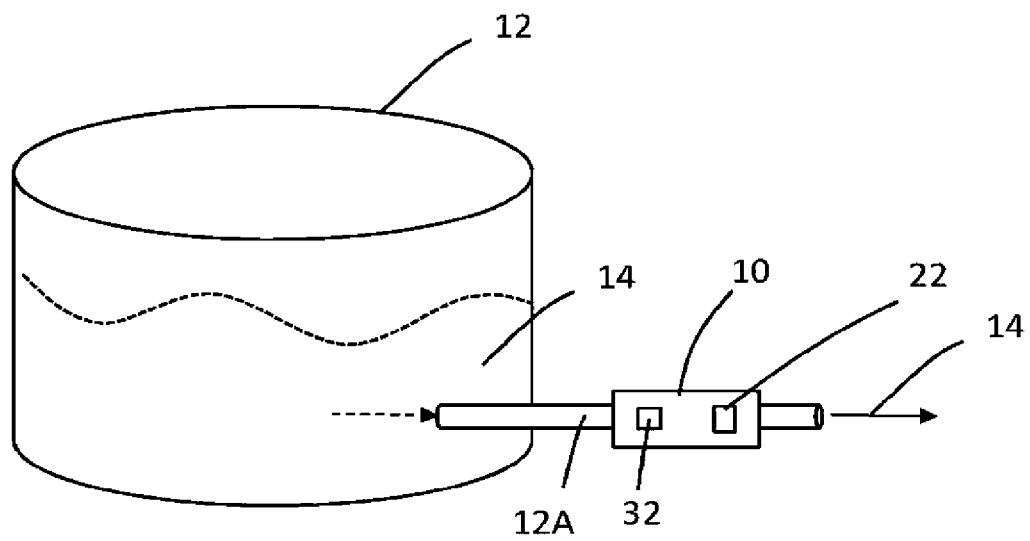


ФИГ. 3А

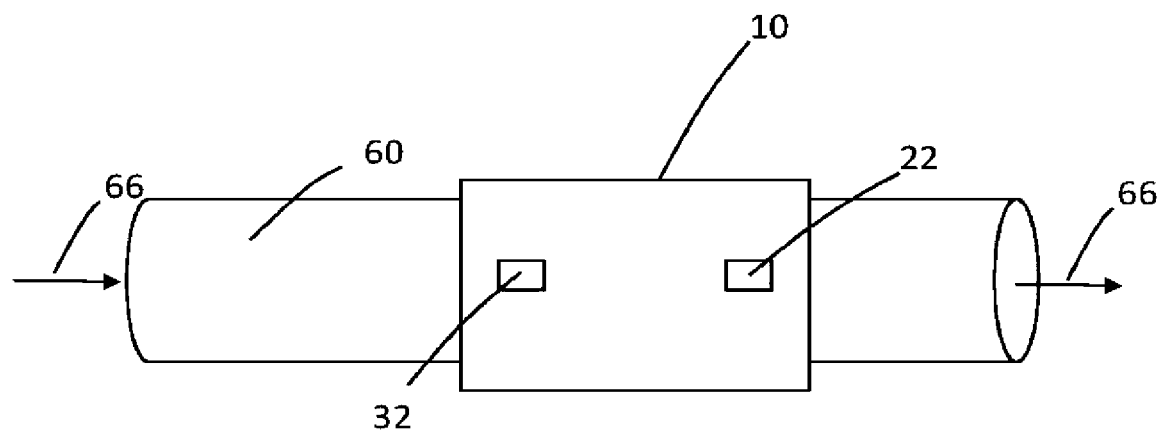
ЗАМЕНЯЮЩИЙ ЛИСТ (ПРАВИЛО 26)



ФИГ. 3В

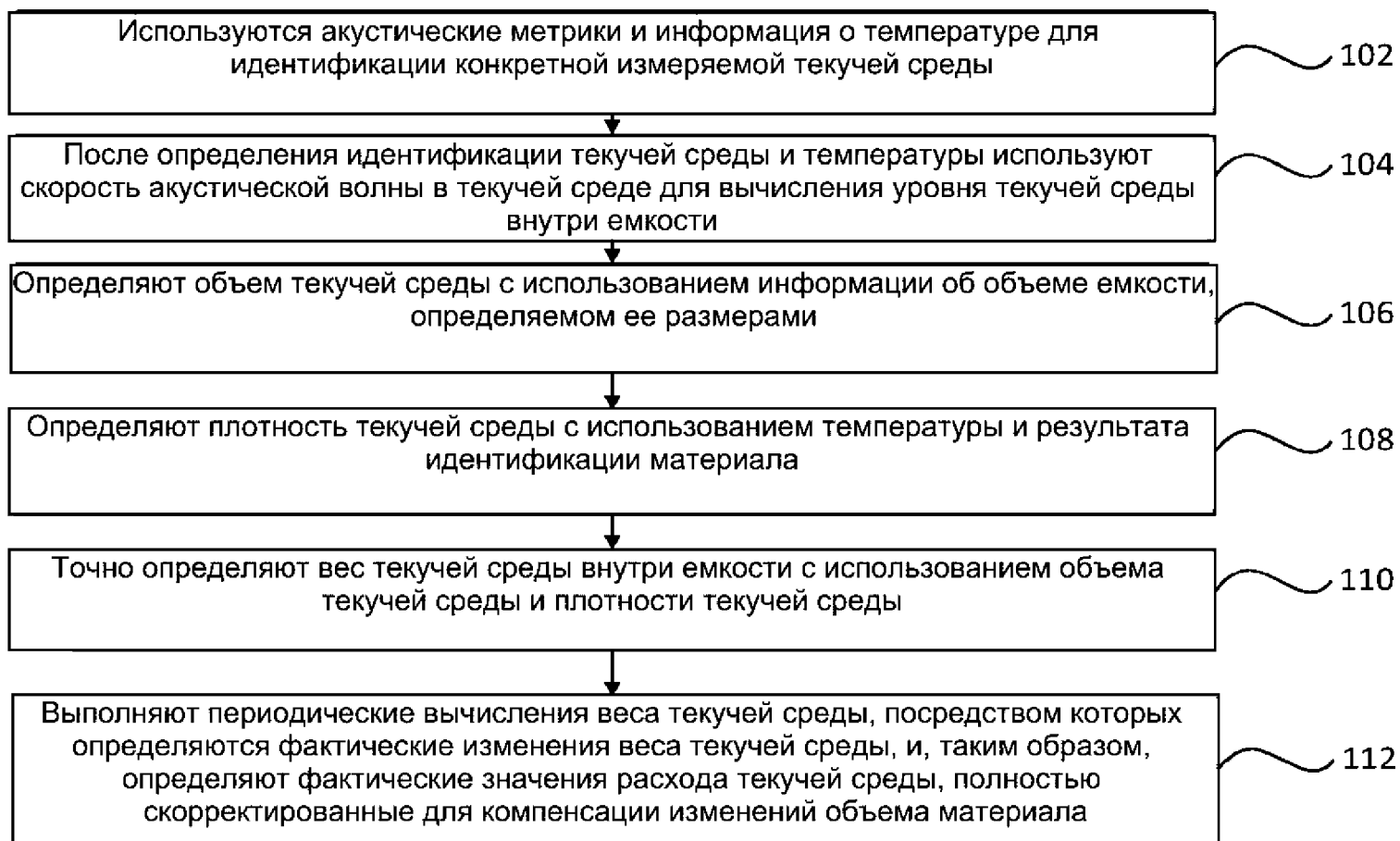


ФИГ. 4А



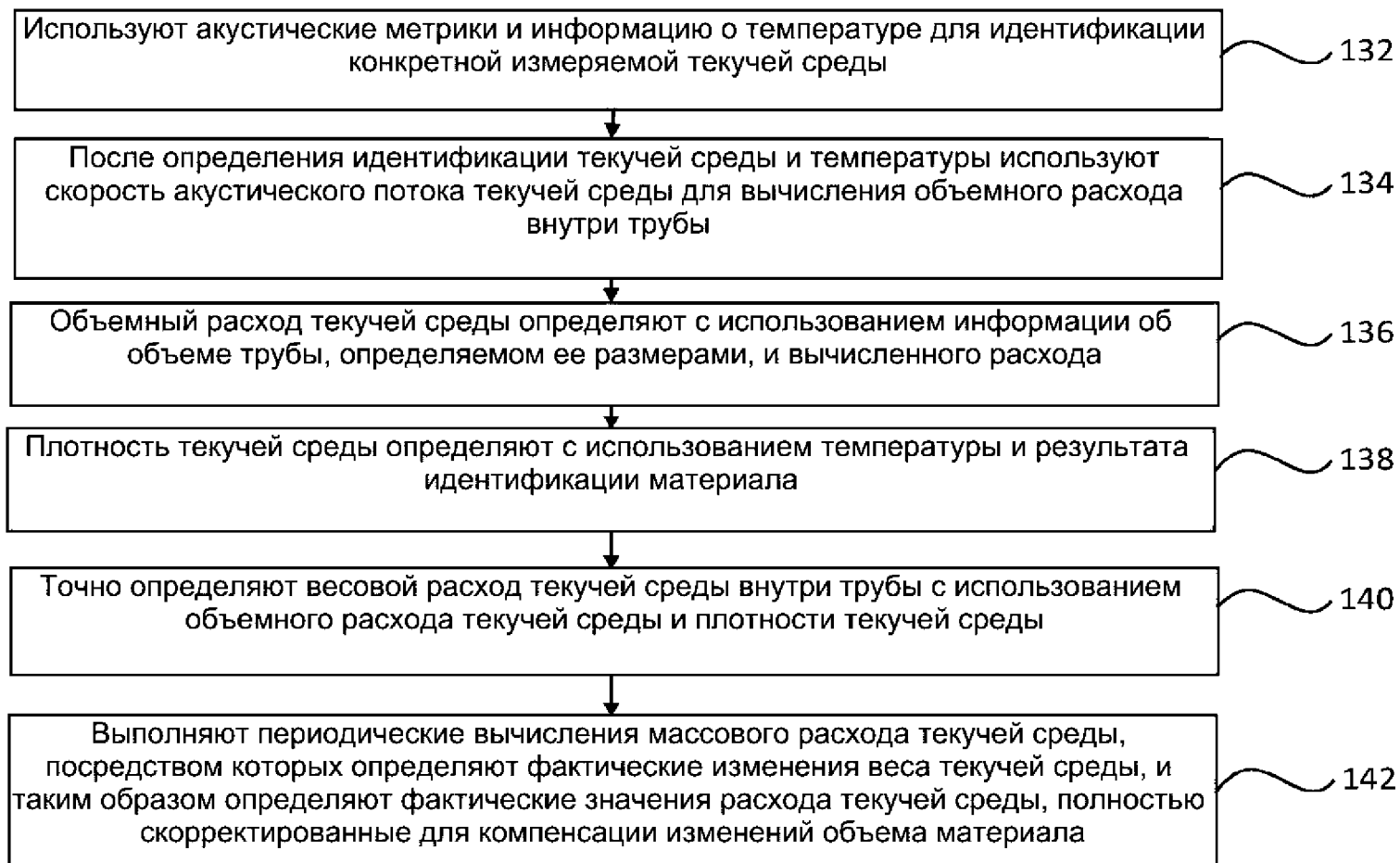
ФИГ. 4В

100



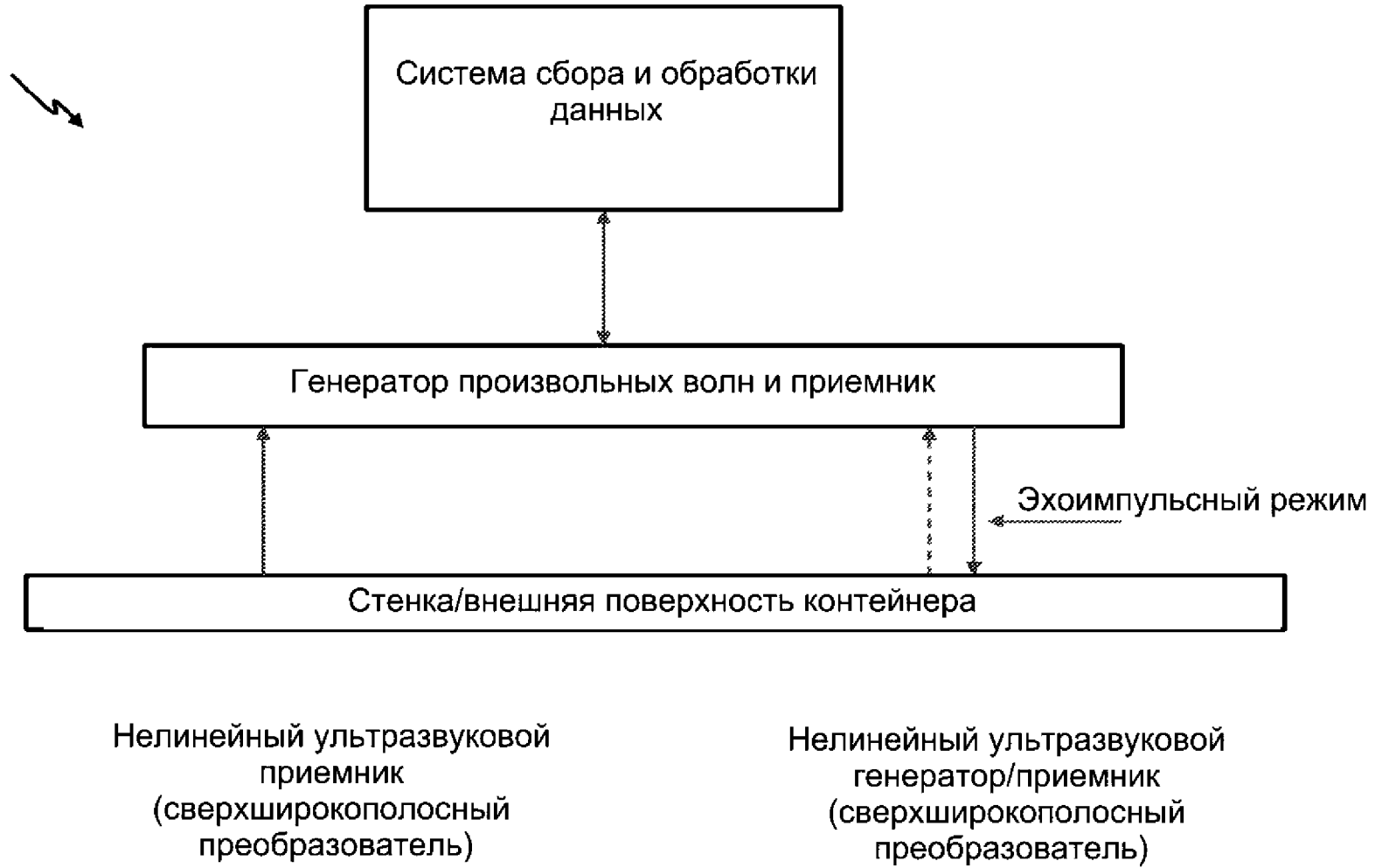
ФИГ. 5А

130



ФИГ. 5В

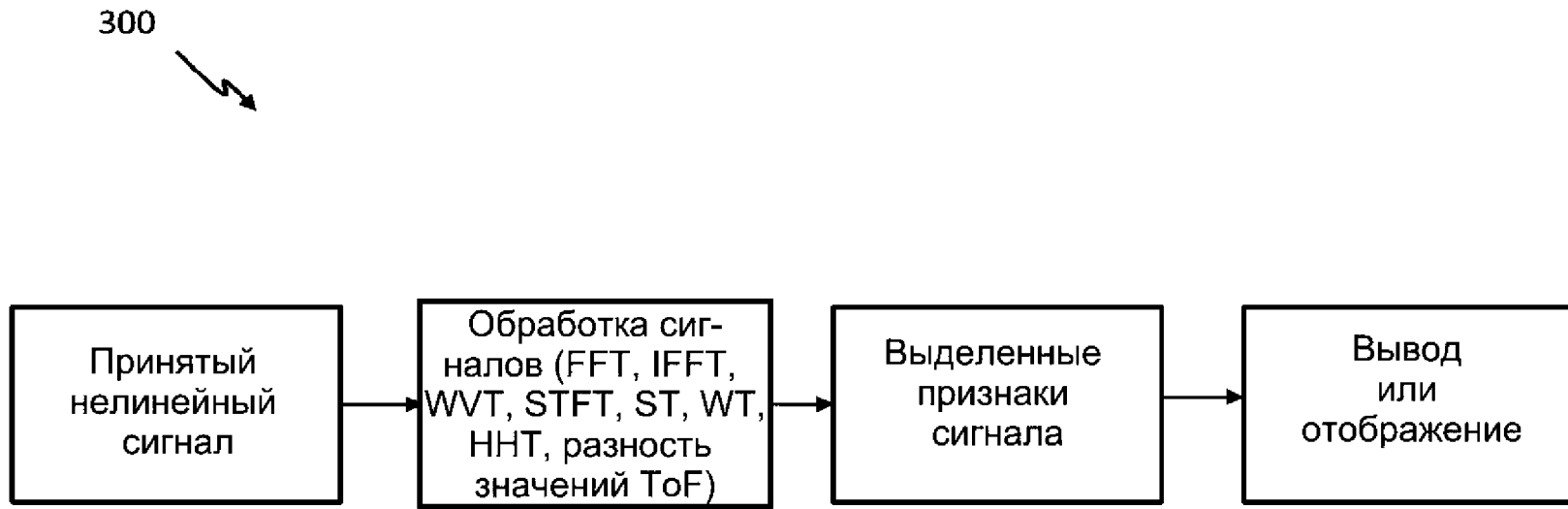
200



8/14

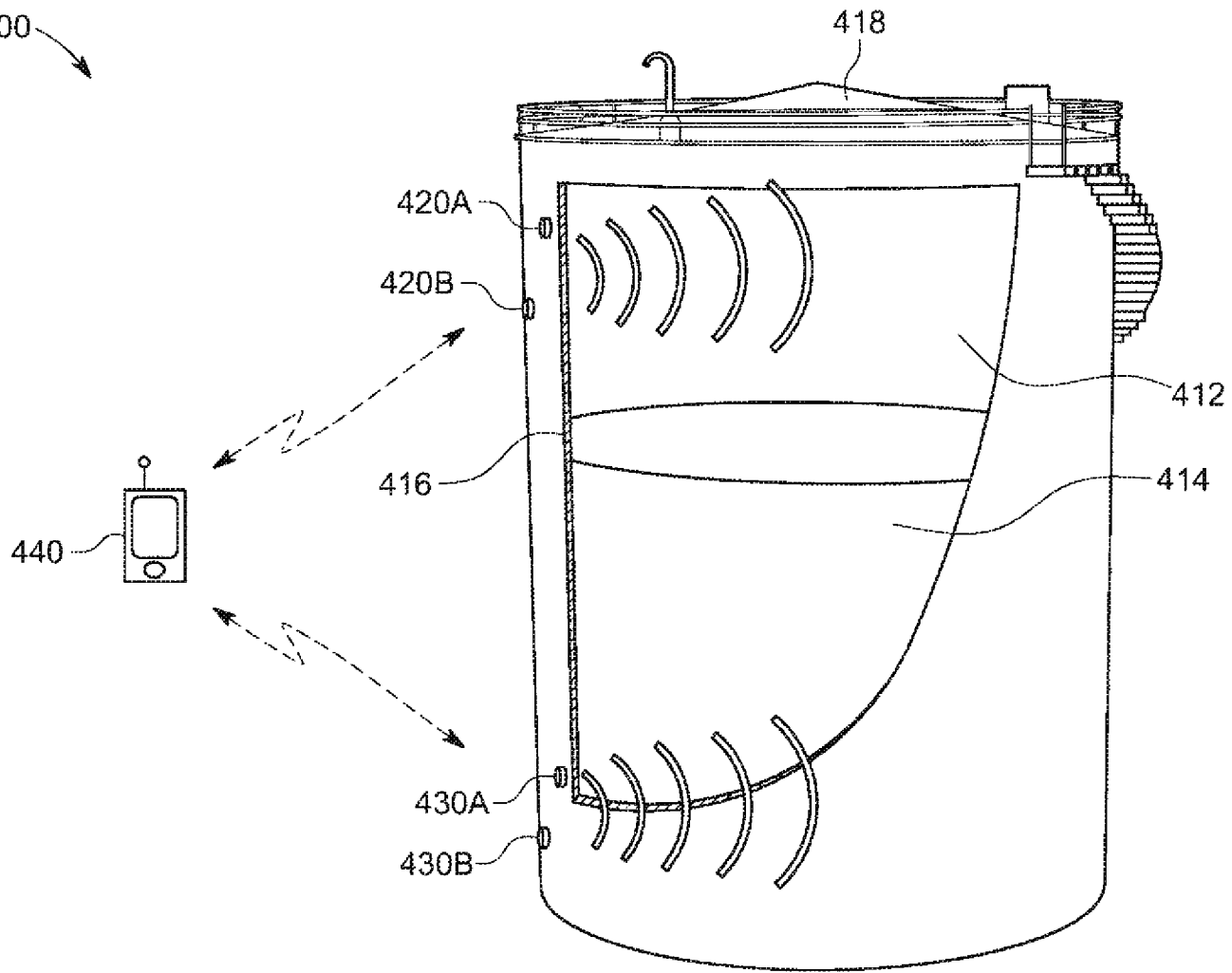
ЗАМЕНЯЮЩИЙ ЛИСТ (ПРАВИЛО 26)

ФИГ. 6

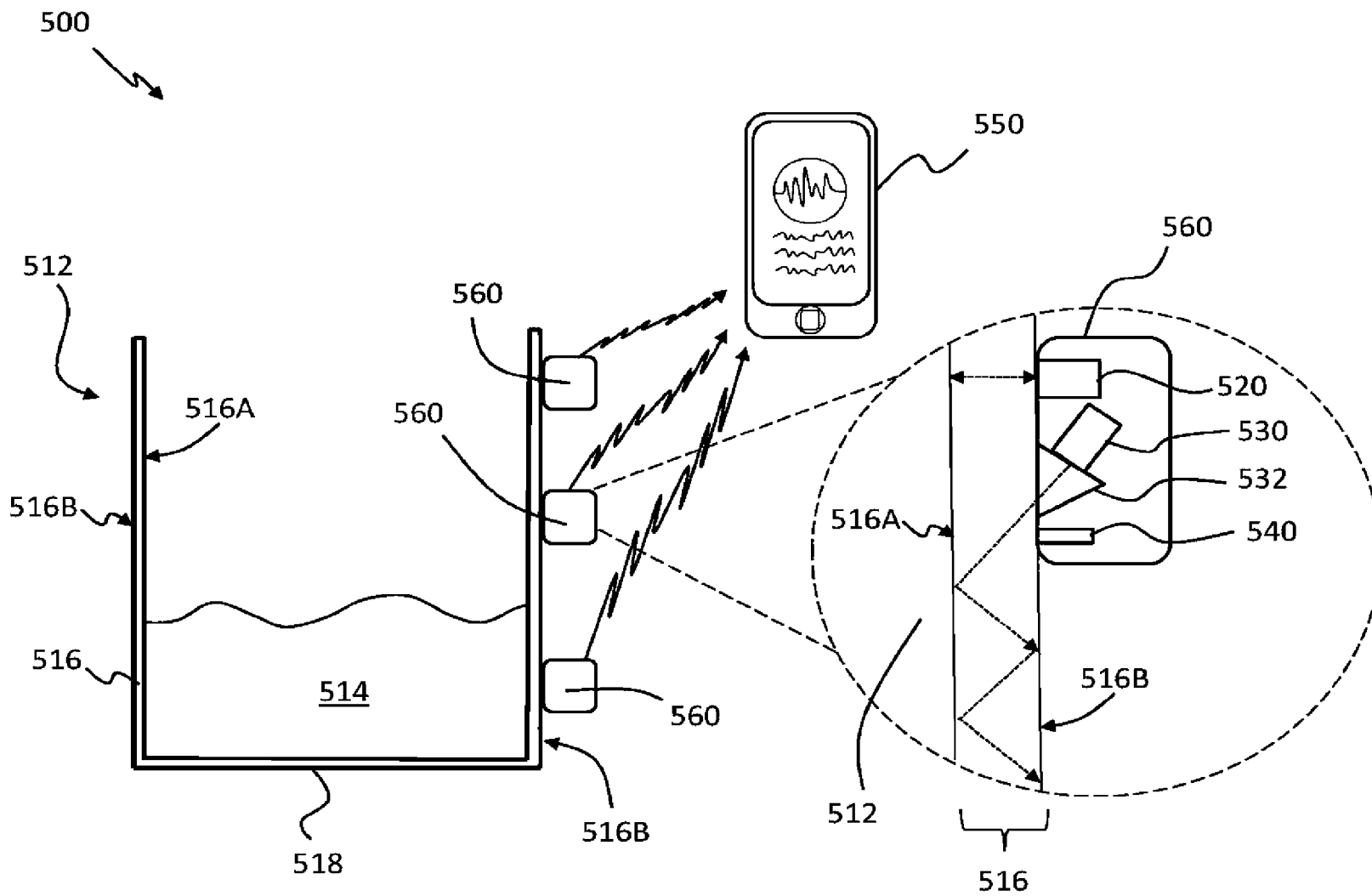


ФИГ. 7

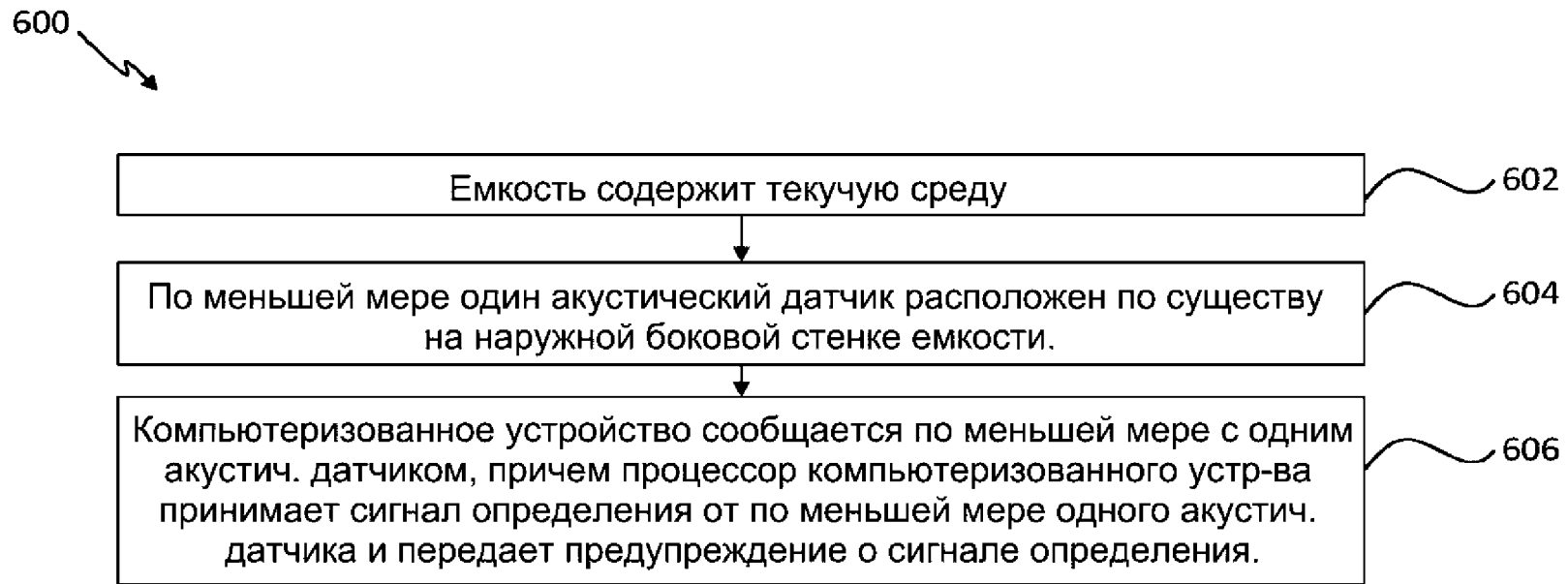
400



ФИГ. 8

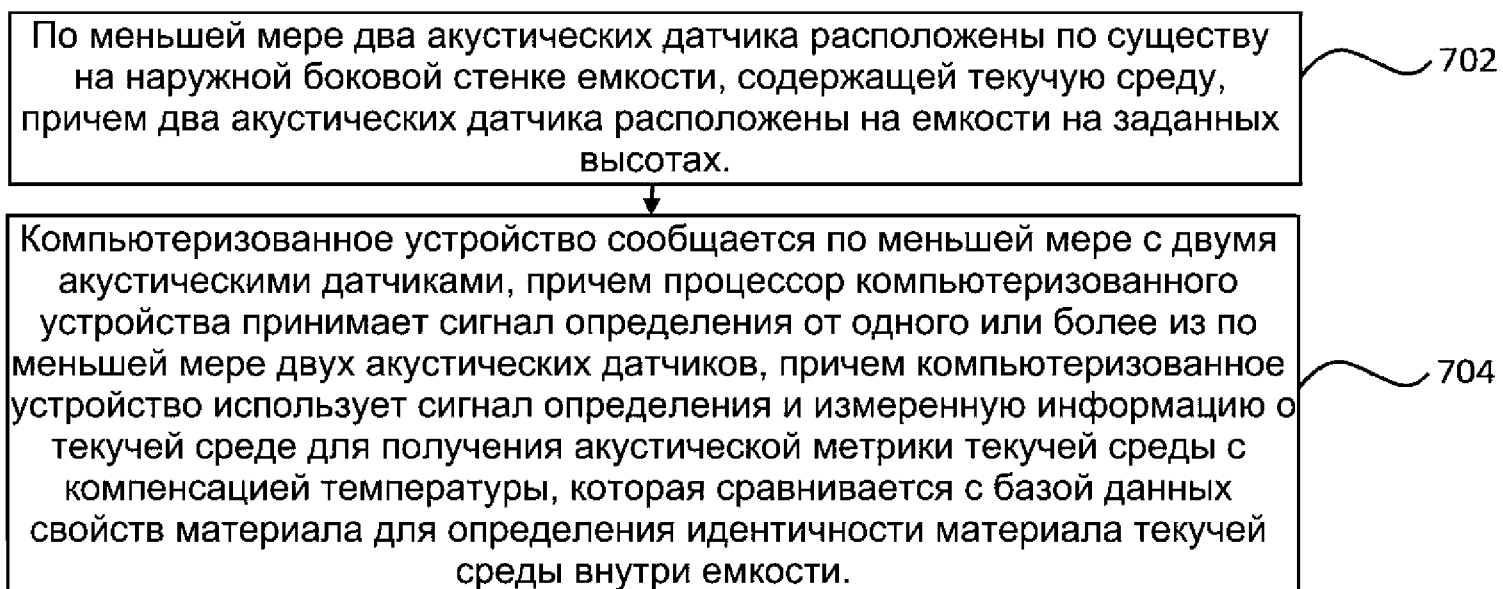


ФИГ. 9



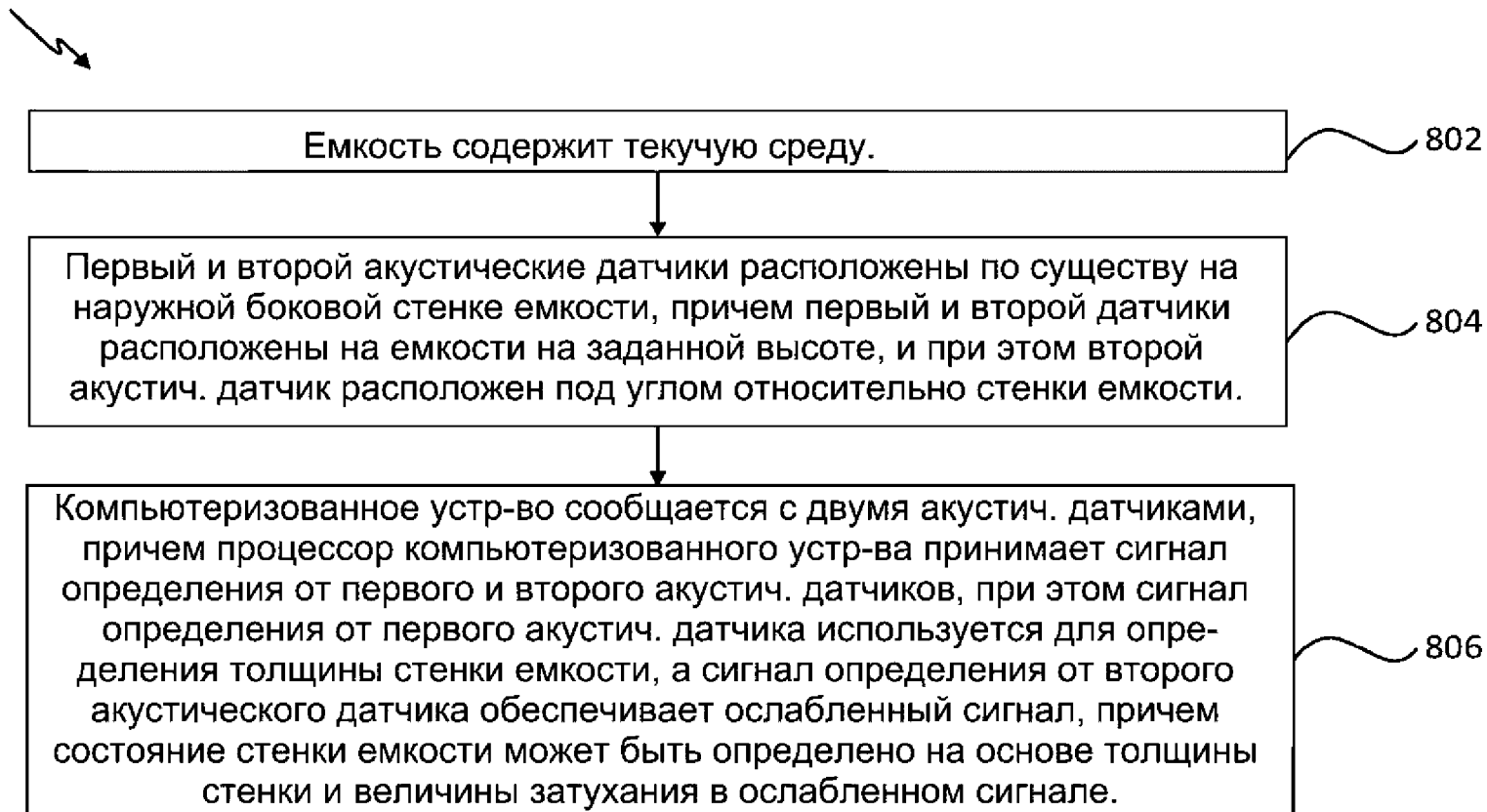
ФИГ. 10

700



ФИГ. 11

800



ФИГ. 12