

(19)

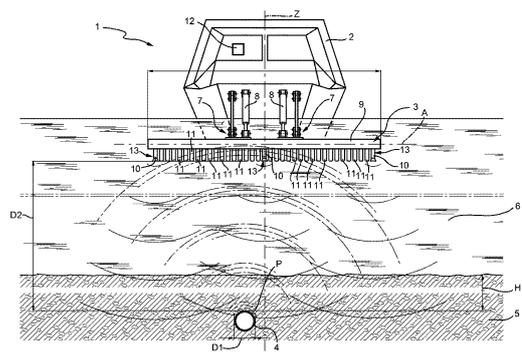


**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201792033** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки  
**2018.02.28**(22) Дата подачи заявки  
**2016.03.09**(51) Int. Cl. *G01V 1/38* (2006.01)  
*G01S 15/06* (2006.01)  
*G01C 5/00* (2006.01)  
*G01C 13/00* (2006.01)  
*G01S 15/89* (2006.01)  
*F16L 1/11* (2006.01)**(54) СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ  
ТРУБОПРОВОДА В ДНЕ ВОДНОЙ МАССЫ**(31) **MI2015A000354**(32) **2015.03.09**(33) **IT**(86) **PCT/IB2016/051342**(87) **WO 2016/142885 2016.09.15**(71) Заявитель:  
**САИПЕМ С.П.А. (IT)**(72) Изобретатель:  
**Визентин Роберто, Бонель Паоло,  
Кьяппа Фабио, Бернаскони  
Джанкарло (IT)**(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

(57) Система обнаружения для контроля положения трубопровода, находящегося в дне водной массы и проходящего по заданной трассе; при этом система (1) содержит устройство (3; 103), которое выполнено с возможностью перемещения в направлении (D) движения и по заданному маршруту и содержит опору (9; 109), которая вытянута в основном перпендикулярно к направлению движения (D), некоторое количество источников (10) акустических волн, которые установлены на опоре (9; 109) и выполнены с возможностью распространения акустических волн через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6), и некоторое количество приемников (11) акустических волн, которые расположены вдоль опоры (9; 109) и выполне-

ны с возможностью приема отраженных акустических волн и излучения сигналов (SR) приема, связанных с отраженными акустическими волнами; и блок (12) обработки, содержащий блок (14) сбора данных, который выполнен с возможностью приема извне по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы известных или ожидаемых данных, содержащих известное значение поперечного сечения (D1) трубопровода (4), ожидаемое значение высоты (H) траншеи трубопровода, известную форму трубопровода (4), ожидаемый батиметрический профиль дна (5) водной массы (6) и ожидаемое значение положения (P) трубопровода (4); при этом блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании сигналов (SR) приема и по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных.

**201792033**  
**A1****201792033**  
**A1**

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-545047EA/085

### СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА В ДНЕ ВОДНОЙ МАССЫ

#### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к системе обнаружения и способу контроля положения трубопровода в дне водной массы.

#### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Обычно подводный трубопровод укладывают в дно водной массы и заглубляют в дно водной массы на определенную глубину, в частности на подходе к берегу и в мелкой воде, для защиты трубопровода от воздействия внешней среды. После заглубления трубопровода необходимо проконтролировать, попало ли положение трубопровода в дне водной массы в пределы проектных значений. Еще одним параметром для контроля является высота траншеи, которая по определению является расстоянием между верхним концом трубопровода и верхним концом дна водной массы.

#### РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Одной задачей настоящего изобретения является создание системы обнаружения для контроля положения трубопровода в дне водной массы, которая является простой и недорогой.

Согласно настоящему изобретению предложена система обнаружения для контроля положения трубопровода, находящегося в дне водной массы и проходящего по заданной трассе; при этом система содержит устройство, выполненное с возможностью перемещения в направлении движения и по заданному маршруту и содержащее опору, которая вытянута в основном перпендикулярно к направлению движения, некоторое количество источников акустических волн, установленных на опоре, выполненных с возможностью распространения акустических волн через водную массу и дно водной массы, и некоторое количество приемников акустических волн, расположенных вдоль опоры и выполненных с возможностью приема отраженных акустических волн и излучения сигналов приема, связанных с отраженными акустическими волнами; и блок обработки, содержащий блок сбора данных, выполненный с возможностью приема извне по меньшей мере одних данных,

выбираемых из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения трубопровода, ожидаемое значение высоты траншеи трубопровода, известную форму трубопровода, ожидаемый батиметрический профиль дна водной массы и ожидаемое значение положения трубопровода; при этом блок обработки выполнен с возможностью вычисления параметра, связанного с положением трубопровода в дне водной массы, на основании сигналов приема и по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных.

В настоящем изобретении при использовании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных, блок обработки способен вычислять параметр, связанный с положением трубопровода, в реальном времени вследствие уменьшения сложности вычисления. Таким образом, система обнаружения контролирует, соответствует ли положение трубопровода в дне водной массы заданным проектным значениям.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения блок обработки содержит выходной интерфейс для коррекции направления движения на основании параметра, вычисленного в предшествующий момент времени.

В настоящем изобретении время обнаружения в системе уменьшается, поскольку осуществляется слежение за трубопроводом при использовании параметров, вычисляемых в реальном времени.

Согласно еще одному варианту осуществления блок обработки выполнен с возможностью вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом, через водную массу и дно водной массы на основании сигналов приема; и вычисления параметра, связанного с положением трубопровода, на основании вычисленной траектории акустических волн.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления система содержит механизм для регулирования глубины погружения опоры в водной массе (6), чтобы помещать опору на заданном расчетном расстоянии от трубопровода.

В настоящем изобретении система поддерживает почти постоянным расстояние между трубопроводом и опорой, вследствие чего оптимизируется обнаружение параметра и расширяется зона

охватываемой поверхности.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления каждый источник из некоторого количества источников выполнен с возможностью излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в пределах заданного частотного диапазона, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

Таким образом, акустические пучки имеют широкий диапазон и обладают значительной способностью к проникновению.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения некоторое количество источников равно двум или более чем двум, в частности, некоторое количество источников равно трем; при этом один из трех источников расположен в центре опоры и другие два источника расположены на концах опоры.

Благодаря датчикам, расположенным на концах опоры, устройством охватывается более широкая поверхность и обеспечивается достижение трубопровода акустическими волнами, приходящими под различными углами. Таким образом, в системе достигается лучшая оценка параметра.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения некоторое количество приемников имеют коэффициент преобразования звука в сигнал приема, который по существу не зависит от направления происхождения звука.

В настоящем изобретении устройством обнаружения охватывается более широкая поверхность и следовательно, требуется меньшее количество проходов над трубопроводом.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения некоторое количество приемников равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников равно трем или более чем трем. Кроме того, приемники распределены перпендикулярно к направлению движения.

В настоящем изобретении системой обеспечивается уменьшение количества проходов над трубопроводом при снижении времени,

необходимого для вычисления положения трубопровода.

В настоящем изобретении система принимает отраженные акустические волны с различных приемников. Таким образом, система принимает акустические волны, которые имеют различные траектории, и вычисляет параметр с высокой точностью.

Устройство с некоторым количеством приемников, которое равно трем или более чем трем, обладает преимуществом более точного оценивания параметра и имеет меньше ограничений относительно минимального расстояния между приемниками. Фактически, отраженные акустические волны сами выравниваются вдоль гиперболической траектории в области пространство-время и следовательно, в устройстве с некоторым количеством приемников, равным трем или более чем трем, может реконструироваться гиперболическая траектория отраженных волн благодаря считыванию с трех приемников, поскольку гипербола однозначно определяется тремя точками. Кроме того, согласно настоящему изобретению в устройстве обнаружения с минимум тремя приемниками уменьшаются проблемы, связанные с пространственными искажениями из-за недостаточной частоты дискретизации.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления некоторое количество источников и некоторое количество приемников размещены так, что образуют перевернутую букву V с вогнутой частью, обращенной ко дну водной массы; в частности, V образует угол, находящийся в диапазоне, имеющем пределы от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ ; предпочтительно, чтобы некоторое количество источников было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников было более трех или равно трем.

В настоящем изобретении устройством обнаружения увеличивается радиус охвата обнаруживаемой поверхности при меньшей длине или меньшей глубине погружения в случае заданной обнаруживаемой поверхности.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления блок обработки выполнен с возможностью вычисления скорости звука в дне водной массы по сигналам приема и поэтому уменьшаются погрешности измерений вследствие отсутствия

зависимости от любых стандартных таблиц скорости.

Кроме того, некоторое количество приемников имеют коэффициент преобразования звука в сигнал приема, который по существу не зависит от происхождения звука.

В настоящем изобретении устройство обеспечивает вычисление параметра, связанного с положением трубопровода, без знания точного положения трубопровода, но при известности вероятного положения. Кроме того, устройство имеет радиус охвата в широком угле, что позволяет обнаруживать параметр при всего лишь одном проходе без необходимости выполнения зигзагообразных проходов над трубопроводом. Кроме того, блок обработки выполнен с возможностью осуществления статистической автокорреляции между сигналами приема для компенсации потерь направленной энергии вследствие широкого угла освещающего пучка.

Кроме того, блок обработки соединен с источником для управления сигналами передачи при излучении акустических волн и выполнен с возможностью вычисления параметра, связанного с положением трубопровода в дне водной массы, на основании сигналов передачи, предпочтительно на основании статистической корреляции между сигналами передачи и сигналами приема. Таким образом, устройством обеспечивается определение положения трубопровода с высокой точностью.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа обнаружения положения трубопровода в дне водной массы, который является простым и недорогим.

Согласно настоящему изобретению способ обнаружения предназначен для контроля положения трубопровода в дне водной массы, проходящего по заданной трассе; при этом способ содержит этапы, на которых перемещают в направлении движения и по заданному маршруту некоторое количество источников акустических волн и некоторое количество приемников акустических волн, распределенных перпендикулярно к направлению движения; распространяют акустические волны через водную массу и дно водной массы; принимают акустические волны, отраженные трубопроводом; собирают извне по меньшей мере одни данные, выбираемые из группы известных или ожидаемых данных, содержащих:

известное значение поперечного сечения трубопровода, ожидаемое значение положения трубопровода, форму трубопровода, батиметрический профиль дна водной массы и ожидаемое значение положения трубопровода; и вычисляют параметр, связанный с положением трубопровода в дне водной массы, на основании принимаемых отраженных волн и на основании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных.

#### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

Дополнительные характеристики и преимущества настоящего изобретения станут ясными из нижеследующего описания неограничивающего примера осуществления при обращении к сопровождающим чертежам, на которых:

фиг. 1 - вид сзади без частей, удаленных для ясности, системы обнаружения положения трубопровода в дне водной массы и виды в разрезе трубопровода, водной массы и дна водной массы;

фиг. 2 - вид в плане, соответствующий видам из фиг. 1, без частей, удаленных для ясности;

фиг. 3 - структурная схема устройства обнаружения из системы обнаружения; и

фиг. 4 - вид сзади системы обнаружения из фиг. 1 согласно альтернативному варианту осуществления без частей, удаленных для ясности.

#### **ЛУЧШИЙ ВАРИАНТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Обратимся к фиг. 1 и 2, на которых позицией 1 показана в целом система 1 обнаружения, предназначенная для контроля положения трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6 и содержащая судно 2 и устройство 3 обнаружения. При использовании судно 2 может идти в направлении D движения. Устройство 3 содержит соединительную систему 7 для соединения его с судном 2 и перемещения в водной массе 6. В частности, соединительная система 7 содержит приводы 8, которые позволяют регулировать глубину погружения опоры 9 в водную массу 6, чтобы помещать опору 9 на расчетном расстоянии D2 от трубопровода 4.

Устройство 3 содержит опору 9, вытянутую в основном вдоль оси A, которая при использовании перпендикулярна к направлению D движения. Иначе говоря, опора 9 вытянута в основном вдоль оси A;

в частности, размер опоры 9 вдоль оси А по меньшей мере в два раза больше размера в направлении, перпендикулярном к оси А. В частности, размер опоры 9 вдоль оси А по меньшей мере в десять раз больше размера в направлении, перпендикулярном к оси А.

Устройство 3 содержит некоторое количество источников 10 акустических волн, распределенных вдоль опоры 9, и некоторое количество приемников 11 акустических волн, распределенных вдоль опоры 9.

Система 1 содержит блок 12 обработки, находящийся в связи с некоторым количеством источников 10 акустических волн и некоторым количеством приемников 11 акустических волн.

Каждый источник 10 акустических волн выполнен с возможностью распространения акустических волн через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6, и предпочтительно, чтобы он был отнесен на расстояние от соседних источников 10 с тем, чтобы акустические волны, излучаемые источниками 10, проходили через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6 под взаимно различными углами. В частности, некоторое количество источников 10 представлено тремя источниками 10 акустических волн, разнесенными на расстояния друг от друга вдоль опоры 9. Более подробно, один из трех источников 10 акустических волн расположен в центре опоры 9 и другие два источника 10 акустических волн расположены на концах опоры 9. Эта конфигурация позволяет излучать акустические волны, которые проходят через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6 под различными углами в соответствии с положением каждого источника 10. Каждый источник 10 содержит преобразователь 13, который, в свою очередь, содержит некоторое количество пьезоэлектрических элементов.

Пьезоэлектрические элементы установлены в линию вдоль оси, которая может быть параллельна оси А или перпендикулярна к оси А, и могут снабжаться энергией индивидуально или группами. В одном неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения пьезоэлектрические элементы снабжают энергией начиная с одного из них, например с одного центрального, и затем переходят к снабжению энергией других, расположенных симметрично

по обеим сторонам. В другом неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения все пьезоэлектрические элементы совместно снабжают энергией одинаковым образом, чтобы повысить направленность излучаемых акустических волн. При таком способе пьезоэлектрические элементы возбуждают акустические волны с линейной частотной модуляцией, имеющие широкий частотный спектр, при котором гарантируются высокая проникающая способность и широкая пространственная зона обзора. Кроме того, при использовании акустических волн с линейной частотной модуляцией достигается лучшее отношение сигнала к шуму. Поэтому каждый источник 10 из трех источников 10 выполнен так, что является ненаправленным в полусфере, обращенной ко дну 5 водной массы 6. Иначе говоря, каждая излучаемая акустическая волна расширяется при следовании в полусфере, обращенной ко дну 5 водной массы 6. В предпочтительном, но неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения каждый источник 10 содержит пять пьезоэлектрических элементов. Преобразователь 13 содержит блок снабжения энергией пяти пьезоэлектрических элементов, который выполнен с возможностью снабжения энергией только одного, трех из пяти или всех пяти начиная с одного центрального и с переходом к другим, расположенным симметрично по обеим сторонам. Более подробно, каждый источник 10 акустических волн выполнен с возможностью излучения акустических волн с циклической частотой, линейно изменяющейся со временем, с частотой, зависящей от заданного пространственного разрешения и предпочтительно зависящей от поперечного сечения  $D_1$  трубопровода 4 и заданной глубины проникновения в дно 5 водной массы 6. Например, каждый источник 10 выполняется с возможностью излучения акустических волн с линейной частотной модуляцией и длительностью от 2 до 6 мс, предпочтительно 4 мс, и при этом частота изменяется линейно со временем в частотном диапазоне от 1 до 60 кГц, предпочтительно в частотном диапазоне от 10 до 50 кГц. Частотный диапазон выбирают на основании заданного разрешения и заданного проникновения. В предпочтительном варианте осуществления заданное разрешение составляет порядка сантиметра.

В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения каждый источник 10 содержит магнитодинамические или магнитострикционные преобразователи.

В состав некоторого количества приемников 11 акустических волн входят  $N$  приемников 11 акустических волн, установленных в линию вдоль оси  $A$ . Число  $N$  является переменным, зависящим от заданного разрешения. В одном варианте осуществления число  $N$  равно единице.

В другом варианте осуществления число  $N$  равно трем. При числе  $N$  приемников 11 более трех устройство 3 обнаружения обладает преимуществом, заключающемся в том, что оценивание положения трубопровода 4 происходит более точно и при этом накладываются меньшие ограничения на минимальные расстояния между приемниками 11. Фактически, акустические волны, отраженные трубопроводом 4, центрируются вдоль гиперболической траектории в области пространство-время и вследствие этого, когда число приемников 11 равно трем или более, устройство 3 обнаружения может надлежащим образом реконструировать гиперболическую траекторию отраженных волн благодаря трем отсчетам с трех приемников 11, поскольку гипербола однозначно определяется тремя точками. Таким образом, устройством 3 уменьшается значение проблем пространственных искажений из-за недостаточной частоты дискретизации.

В еще одном варианте осуществления число  $N$  приемников 11 составляет порядка десяти. Множество приемников 11 располагают так, чтобы по меньшей мере один приемник 11 находился между двумя источниками 10. Кроме того, когда число приемников 11 составляет порядка десяти, приемники 11 распределяют равномерно с постоянными расстояниями друг от друга в распределении; в частности, с расстояниями друг от друга в распределении меньше чем или равными 40 см, предпочтительно меньше чем или равными 20 см. Множество приемников 11 располагают вдоль оси  $A$  на заданной длине  $L$  в пределах от 3 до 5 м, в частности, на 4 м. Предпочтительно, чтобы длина  $L$  была связана с расстоянием между опорой 9 и трубопроводом 4.

Например, каждый приемник 11 представляет собой гидрофон с

высокой чувствительностью и имеет частотную характеристику в режиме приема, которая является почти плоской от приблизительно 0,1 до 180 кГц, и в частности, отклонения от среднего значения коэффициента передачи являются пренебрежимо малыми до 15 кГц. Кроме того, например, каждый приемник 11 имеет диаграмму направленности в режиме приема, измеренную на частоте 100 кГц, которая формируется вдоль окружности плоскости, образованной осями, параллельными оси А и направлению D движения, и вдоль линии, которая находится внутри кольцевого пространства, имеющего ширину 5-10 дБ, в плоскости, образованной осями, параллельными осям А и Z, где Z является осью, перпендикулярной к оси А, к направлению D движения и перпендикулярной ко дну 5. Вследствие этого каждый приемник 11 имеет по существу один и тот же коэффициент передачи в режиме приема независимо от направления в пространстве, с которого приходит звук. Иначе говоря, каждый приемник 11 имеет коэффициент преобразования звука в сигнал SR приема, который по существу не зависит от направления на источник звука.

Следовательно, каждый приемник 11 акустических волн выполнен с возможностью приема акустических волн, отраженных под различными углами, и излучения сигналов SR приема, которые связаны с отраженными акустическими волнами и передаются на блок 12 обработки.

В приемниках 11 идентифицируется полуплоскость обнаружения, которая продолжается от опоры 9 ко дну 5 водной массы 6 и перпендикулярна к нему; в частности, плоскость обнаружения перпендикулярна ко дну 5 водной массы 6 и полуплоскость содержит ось А и ось Z.

Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения каждый преобразователь 13 выполнен с возможностью работы в качестве источника 10 и в качестве приемника акустических волн. Таким образом, согласно этому варианту осуществления устройство 3 содержит ряд приемников 11 и преобразователей 13, которые установлены в линию вдоль оси А и распределены с постоянными расстояниями друг от друга в распределении и все выполнены с возможностью генерации сигнала

SR приема.

Устройство 3 регулирует посредством приводов 8 расстояние D2 от опоры 9 до верхнего конца трубопровода 4, измеряемое вдоль оси Z. Расстояние D2 регулируется так, что оно находится в заданном диапазоне, пределы которого определяются, соответственно: а) длиной L; и б) удвоенной длиной L; предпочтительно, чтобы расчетное расстояние D2 было равно произведению 1,5 на L.

В альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 4, устройство 103 содержит перевернутую вверх дном V-образную опору 109. Кроме того, устройство 103 содержит множество источников 10 и приемников 11, расположенных вдоль опоры 109 с образованием V-образной перевернутой вверх дном конфигурации, при этом вогнутая часть обращена ко дну 5 водной массы 6. В частности, опора 109 образует угол в пределах от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ . В показанном варианте осуществления угол составляет  $90^\circ$ . В случае представленного варианта осуществления при заданной длине L устройство 103 необходимо погружать на меньшую глубину и можно обнаруживать трубопровод 4 на большем расстоянии D2 трубопровода 4 от устройства 103.

Блок 12 обработки имеет связь с источниками 10 акустических волн для управления сигналами ST передачи и с приемниками 11 акустических волн для приема сигналов SR приема. Кроме того, в блоке 12 обработки известны положения источников 10 и в нем осуществляется связь данных, относящихся к положению соответствующего источника 10, с каждым сигналом ST передачи. Точно так же, в блоке 12 обработки известны положения приемников 11 и в нем осуществляется связь данных, относящихся к положению соответствующего приемника 11, с каждым сигналом SR приема.

Согласно альтернативному варианту осуществления сигналы ST передачи генерируются источниками 10 акустических волн или другим устройством, связанным с источниками 10 акустических волн, и они также передаются на блок 12 обработки.

Блок 12 обработки выполнен с возможностью контроля, попадает ли параметр, относящийся к положению трубопровода 4 в

дне 5 водной массы 6, в пределы определенного диапазона. Иначе говоря, трубопровод 4 заглублен в дно 5 водной массы 6 на заданную глубину и находится в заданном положении, которое известно на основании проектных данных и более или менее соответствует фактическим данным за исключением существенных отклонений, возникающих при реализации проекта. Блок 12 обработки выполнен с возможностью вычисления положения трубопровода 4 и параметров, связанных с заглублением, путем использования всей заранее известной информации для контроля, выполнено ли должным образом заглубление.

В частности, в блоке 12 обработки вычисляется положение трубопровода 4 и параметры, связанные с заглублением трубопровода 4 в дне водной массы 6, на основании сигналов SR приема. В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется положение трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6 на основании сигналов SR приема и сигналов ST передачи.

Кроме того, блок 12 обработки выполнен с возможностью вычисления четырех других параметров на основании вычисленного положения трубопровода 4: первого параметра, второго параметра, третьего параметра и четвертого параметра.

Первым параметром является значение высоты  $H$  траншеи верхнего конца трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6. Иначе говоря, высота траншеи  $H$  означает расстояние между поверхностью дна 5 водной массы 6 и верхним концом трубопровода 4. Например, заданное значение первого параметра, а именно высоты  $H$  траншеи, находится в пределах первого диапазона от 2,5 до 3 м.

Вторым параметром является значение прямолинейности трубопровода 4 вдоль оси  $Z$ , иначе говоря, максимальное вертикальное перемещение трубопровода 4 на протяжении заданной длины. Например, заданным значением второго параметра является перемещение меньше чем 20 см вдоль оси  $Z$  на протяжении длины трубопровода 4, составляющей 25 м.

Третий параметр относится к форме траншеи, в которую укладывают трубопровод 4.

Четвертым параметром является значение толщины покрытия

трубопровода 4, то есть количество покровного материала поверх трубопровода 4.

Кроме того, блок 12 обработки содержит блок 14 сбора данных, выполненный с возможностью приема извне, например от оператора или с другого устройства, соединенного с устройством 3, значения скорости звука в водной массе 6 и направления этого значения в блок 12 обработки. Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в водной массе 6 по сигналам приема, в частности, в блоке 12 обработки обнаруживается скорость звука в дне 5 водной массы 6 по сигналам приема, создаваемым акустическими волнами, которые распространяются непосредственно от передатчика 10 к приемнику 11 без отражений.

Кроме того, блок 14 сбора данных выполнен с возможностью приема извне значения поперечного сечения  $D_1$  трубопровода 4 для просмотра и направления этого значения в блок 12 обработки.

Блок 14 сбора данных также выполнен с возможностью приема извне значения, связанного с вероятной высотой  $H$  траншеи трубопровода 4, для просмотра и направления этого значения в блок 12 обработки.

В предпочтительном, но неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения блок 14 сбора данных принимает координаты направления, логически вытекающие из навигации.

Кроме того, блок 14 сбора данных выполнен с возможностью сохранения батиметрического профиля дна 5 водной массы 6. Более подробно, дно 5 водной массы 6 анализируется по направлению пути укладки трубопровода 4 батометром 16 и собранные данные сохраняются в блоке 14 сбора данных. Блок 14 сбора данных передает эти данные к блоку 12 обработки. Согласно альтернативному варианту настоящего изобретения блок 14 сбора данных принимает в реальном времени батиметрический профиль с многолучевого гидролокатора. Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется батиметрический профиль по сигналам SR приема; в частности, в блоке 12 обработки вычисляется батиметрический

профиль на основании акустических волн, отраженных дном 5 водной массы 6.

Блок 12 обработки выполнен с возможностью обнаружения параметров цилиндрического трубопровода 4. Иначе говоря, блок 12 обработки снабжен моделью, которая описывает трубопровод 4 как цилиндрический и с учетом эффектов отражения акустических волн на цилиндрическом трубопроводе 4. При таком подходе форма трубопровода 4 не считается неизвестной, однако характеризуются известные значения и вследствие этого снижается вычислительная сложность системы, подлежащей решению.

Блок 14 сбора данных выполнен с возможностью приема извне значения диапазона значений, которые показывают ожидаемое положение трубопровода 4. Иначе говоря, после укладки трубопровода 4 может быть определен диапазон значений положений трубопровода 4, в которых может находиться трубопровод 4.

В блоке 12 обработки идентифицированные выше данные используются для вычисления положения  $P$  трубопровода 4; в частности, в блоке 12 обработки вычисляется положение  $P$  верхнего конца трубопровода 4.

В блоке 12 обработки вычисленное положение  $P$  трубопровода 4 используется для вычисления первого параметра, то есть значения высоты  $H$  траншеи.

В блоке 12 обработки вычисленное положение  $P$  трубопровода 4 используется для вычисления второго, третьего и четвертого параметров.

В предпочтительном, но неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляются второй, третий и четвертый параметры на основании значений первого параметра.

Более подробно, блок 12 обработки принимает сигналы  $SR$  приема и вычисляет траекторию, по которой акустические волны распространяются в водной массе 6 и в дне 5 водной массы 6, на основании теории трассировки лучей и одного или нескольких из следующих объектов данных: заданной или вычисленной скорости звука в водной массе 6, профиля дна 5 водной массы 6, ожидаемого значения положения трубопровода 4, заданной формы трубопровода

4, известного значения поперечного сечения  $D_1$  трубопровода 4, положения источников 10 и приемников 11 вдоль опоры 9, ожидаемого значения высоты  $H$  траншеи и координат направления, логически вытекающих из навигации. На основании анализа этих данных в блоке 12 обработки вычисляются криволинейные траектории, которые представляют собой траектории акустических волн, отраженных трубопроводом 4 и дном 5 водной массы 6.

В блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в дне 5 водной массы 6 по сигналам SR приема и вычисляется положение P трубопровода 4 на основании вычисленной скорости звука в дне 5 водной массы 6 и вычисленных криволинейных траекторий. Более подробно, в блоке 12 обработки вычисляются значения, связанные с положением верхнего конца трубопровода 4, в частности положение вдоль оси A и оси Z верхнего конца трубопровода 4 и скорость звука в дне 5 водной массы 6 с помощью функционала подобия, усредненного по некоторому количеству из множества приемников 11. Функционал подобия является интегралом по фазе в окнах Гаусса сигналов SR приема на всем протяжении вычисленных криволинейных траекторий. В блоке 12 обработки вычисляются среднее статистическое значение и стандартное отклонение результатов функционала подобия, усредненных по некоторому количеству приемников 11, и определяются положение P трубопровода 4 и скорость звука в дне 5 водной массы 6. Кроме того, в блоке 12 обработки вычисляется первый параметр, то есть высота  $H$  траншеи, на основании положения P трубопровода 4.

Благодаря сигналам SR приема, получаемым от различных источников 10, которые порождаются акустическими волнами, отраженными под взаимно различными углами, можно определять скорость звука в дне 5 водной массы 6 при использовании лучевой теории.

Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в дне 5 водной массы 6 при использовании статистической автокорреляции или интеграла свертки сигналов SR приема, поступающих с различных приемников 11, на которых обнаруживаются акустические волны, попадающие на трубопровод 4 под различными

углами. Затем в блоке 12 обработки вычисляется положение Р трубопровода 4 на основании вычисленной скорости звука в дне 5 водной массы 6 и вычисленных криволинейных траекторий.

Согласно предпочтительному, но неограничивающему варианту осуществления настоящего изобретения блок 12 обработки соединен с источниками 10 для управления сигналами ST передачи, которыми определяются распространяющиеся акустические волны. В блоке 12 обработки сигналы ST передачи используются в качестве пусковых сигналов для сбора сигналов SR приема. Кроме того, в альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения блок 12 обработки интегрирует описанный выше процесс путем использования статистической корреляции между сигналами ST передачи и сигналами SR приема для повышения разрешающей способности измерений и уменьшения неопределенностей.

Блок 12 обработки содержит выходной интерфейс 15, выполненный с возможностью определения направления D движения на основании предполагаемой дислокации трубопровода 4. Выходной интерфейс 15 выполнен с возможностью коррекции направления D движения на основании положения Р трубопровода 4, вычисленного в предшествующий момент времени в блоке 12 обработки.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость распространения акустических волн в водной массе 6 на основании сигналов приема, связанных с неотраженными акустическими волнами; вычисляется батиметрический профиль дна 5 водной массы 6 по сигналам SR приема или принимается батиметрический профиль извне при посредстве устройства 14 сбора данных; вычисляется скорость распространения акустических волн в дне 5 водной массы 6 по сигналам SR приема, связанным с отраженными акустическими волнами; вычисляется положение Р трубопровода 4; контролируется, попадает ли положение Р трубопровода 4 в пределы заданных проектных значений; и вычисляются поправки к направлению D движения на основании обнаруженного положения Р.

Наконец, очевидно, что модификации описанных вариантов осуществления могут быть включены в настоящее изобретение без отступления от объема прилагаемой формулы изобретения.

Кроме того, очевидно, что система и способ, образующие предмет настоящего изобретения, пригодны для вычисления положения трубопровода, находящегося в непокрытой траншее. В этом случае высота  $H$  траншеи определяется как расстояние между поверхностью дна 5 водной массы 6 на краях траншеи и верхним концом трубопровода 4.

**СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И СПОСОБ КОНТРОЛЯ  
ПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА В ДНЕ ВОДНОЙ МАССЫ**

**ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Настоящее изобретение относится к системе обнаружения и способу контроля положения трубопровода в дне водной массы.

**УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

Обычно подводный трубопровод укладывают в дно водной массы и заглубляют в дно водной массы на определенную глубину, в частности на подходе к берегу и в мелкой воде, для защиты трубопровода от воздействия внешней среды. После заглубления трубопровода необходимо проконтролировать, попало ли положение трубопровода в дне водной массы в пределы проектных значений. Еще одним параметром для контроля является высота траншеи, которая по определению является расстоянием между верхним концом трубопровода и верхним концом дна водной массы.

В патенте США №5537366 раскрыта гидролокационная система, посредством которой можно обнаруживать кабель и трубопроводы, заглубленные в дно водной массы, и отличать их от породного пласта.

В работе Y.R. Petilot et al., "Real time AUV pipeline detection and tracking using side scan sonar and multi-beam Echosounder", Ocean'02 MTS, vol.1 (ISBN: 0780375343) раскрыт способ надежного обнаружения и прослеживания трубопроводов с использованием многолучевого гидролокатора и гидролокационной системы бокового обзора.

В заявке №20140165898 на патент США раскрыто необслуживаемое подводное судно для определения местонахождения и исследования объекта, расположенного на дне водной массы.

**РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Одной задачей настоящего изобретения является создание системы обнаружения для контроля положения трубопровода в дне водной массы, которая является простой и недорогой.

Согласно настоящему изобретению предложена система

обнаружения для контроля положения трубопровода, находящегося в дне водной массы и проходящего по заданной трассе; при этом система содержит устройство, выполненное с возможностью перемещения в направлении движения и по заданному маршруту в водной массе и содержащее опору, которая вытянута в основном перпендикулярно к направлению движения, некоторое количество источников акустических волн, установленных на опоре, выполненных с возможностью распространения акустических волн через водную массу и дно водной массы, и некоторое количество приемников акустических волн, расположенных вдоль опоры и выполненных с возможностью приема отраженных акустических волн и излучения сигналов приема, связанных с отраженными акустическими волнами; и блок обработки, содержащий блок сбора данных, выполненный с возможностью приема извне по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения трубопровода, ожидаемое значение высоты траншеи трубопровода, известную форму трубопровода, ожидаемый батиметрический профиль дна водной массы и ожидаемое значение положения трубопровода; при этом блок обработки выполнен с возможностью вычисления параметра, связанного с положением трубопровода в дне водной массы, на основании сигналов приема и по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных, и контроля, попадает ли параметр в пределы определенных диапазонов; при этом некоторое количество приемников равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников равно трем или более чем трем; при этом приемники распределены перпендикулярно к направлению движения; и система содержит механизм для регулирования глубины погружения опоры в водной массе, чтобы помещать опору на заданном расчетном расстоянии от трубопровода.

В настоящем изобретении при использовании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных, блок обработки способен вычислять параметр, связанный с положением трубопровода, в реальном времени вследствие уменьшения сложности вычисления. Таким образом, система обнаружения контролирует, соответствует ли положение трубопровода в дне водной массы

заданным проектным значениям.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения блок обработки содержит выходной интерфейс для коррекции направления движения на основании параметра, вычисленного в предшествующий момент времени.

В настоящем изобретении время обнаружения в системе уменьшается, поскольку осуществляется слежение за трубопроводом при использовании параметров, вычисляемых в реальном времени.

Согласно еще одному варианту осуществления блок обработки выполнен с возможностью вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом, через водную массу и дно водной массы на основании сигналов приема; и вычисления параметра, связанного с положением трубопровода, на основании вычисленной траектории акустических волн.

В настоящем изобретении система поддерживает почти постоянным расстояние между трубопроводом и опорой, вследствие чего оптимизируется обнаружение параметра и расширяется зона охватываемой поверхности.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления каждый источник из некоторого количества источников выполнен с возможностью излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в пределах заданного частотного диапазона, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

Таким образом, акустические пучки имеют широкий диапазон и обладают значительной способностью к проникновению.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения некоторое количество источников равно двум или более чем двум, в частности, некоторое количество источников равно трем; при этом один из трех источников расположен в центре опоры и другие два источника расположены на концах опоры.

Благодаря датчикам, расположенным на концах опоры, устройством охватывается более широкая поверхность и обеспечивается достижение трубопровода акустическими волнами,

приходящими под различными углами. Таким образом, в системе достигается лучшая оценка параметра.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения некоторое количество приемников имеют коэффициент преобразования звука в сигнал приема, который по существу не зависит от направления происхождения звука.

В настоящем изобретении устройством обнаружения охватывается более широкая поверхность и следовательно, требуется меньшее количество проходов над трубопроводом.

В настоящем изобретении системой обеспечивается уменьшение количества проходов над трубопроводом при снижении времени, необходимого для вычисления положения трубопровода.

В настоящем изобретении система принимает отраженные акустические волны с различных приемников. Таким образом, система принимает акустические волны, которые имеют различные траектории, и вычисляет параметр с высокой точностью.

Устройство с некоторым количеством приемников, которое равно трем или более чем трем, обладает преимуществом более точного оценивания параметра и имеет меньше ограничений относительно минимального расстояния между приемниками. Фактически, отраженные акустические волны сами выравниваются вдоль гиперболической траектории в области пространство-время и следовательно, в устройстве с некоторым количеством приемников, равным трем или более чем трем, может реконструироваться гиперболическая траектория отраженных волн благодаря считыванию с трех приемников, поскольку гипербола однозначно определяется тремя точками. Кроме того, согласно настоящему изобретению в устройстве обнаружения с минимум тремя приемниками уменьшаются проблемы, связанные с пространственными искажениями из-за недостаточной частоты дискретизации.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления некоторое количество источников и некоторое количество приемников размещены так, что образуют перевернутую букву V с вогнутой частью, обращенной ко дну водной массы; в частности, V образует угол, находящийся в диапазоне, имеющем

пределы от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ ; предпочтительно, чтобы некоторое количество источников было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников было более трех или равно трем.

В настоящем изобретении устройством обнаружения увеличивается радиус охвата обнаруживаемой поверхности при меньшей длине или меньшей глубине погружения в случае заданной обнаруживаемой поверхности.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления блок обработки выполнен с возможностью вычисления скорости звука в дне водной массы по сигналам приема и поэтому уменьшаются погрешности измерений вследствие отсутствия зависимости от любых стандартных таблиц скорости.

Кроме того, некоторое количество приемников имеют коэффициент преобразования звука в сигнал приема, который по существу не зависит от происхождения звука.

В настоящем изобретении устройство обеспечивает вычисление параметра, связанного с положением трубопровода, без знания точного положения трубопровода, но при известности вероятного положения. Кроме того, устройство имеет радиус охвата в широком угле, что позволяет обнаруживать параметр при всего лишь одном проходе без необходимости выполнения зигзагообразных проходов над трубопроводом. Кроме того, блок обработки выполнен с возможностью осуществления статистической автокорреляции между сигналами приема для компенсации потерь направленной энергии вследствие широкого угла освещающего пучка.

Кроме того, блок обработки соединен с источником для управления сигналами передачи при излучении акустических волн и выполнен с возможностью вычисления параметра, связанного с положением трубопровода в дне водной массы, на основании сигналов передачи, предпочтительно на основании статистической корреляции между сигналами передачи и сигналами приема. Таким образом, устройством обеспечивается определение положения трубопровода с высокой точностью.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа обнаружения положения трубопровода в дне водной массы,

который является простым и недорогим.

Согласно настоящему изобретению способ обнаружения предназначен для контроля положения трубопровода в дне водной массы, проходящего по заданной трассе; при этом способ содержит этапы, на которых перемещают в направлении движения и по заданному маршруту в водной массе некоторое количество источников акустических волн и некоторое количество приемников акустических волн, распределенных перпендикулярно к направлению движения; распространяют акустические волны через водную массу и дно водной массы посредством некоторого количества источников акустических волн; принимают акустические волны, отраженные трубопроводом, посредством некоторого количества приемников акустических волн; собирают извне по меньшей мере одни данные, выбираемые из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения трубопровода, ожидаемое значение положения трубопровода, форму трубопровода, батиметрический профиль дна водной массы и ожидаемое значение положения трубопровода; и вычисляют параметр, связанный с положением трубопровода в дне водной массы, на основании принимаемых отраженных волн и на основании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных, и контролируют, попадает ли параметр в пределы определенных диапазонов; при этом некоторое количество приемников равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников равно трем или более чем трем, и при этом способ содержит этап погружения некоторого количества источников и некоторого количества приемников таким образом, чтобы они находились на заданном расчетном расстоянии от трубопровода.

#### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

Дополнительные характеристики и преимущества настоящего изобретения станут ясными из нижеследующего описания неограничивающего примера осуществления при обращении к сопровождающим чертежам, на которых:

фиг. 1 - вид сзади без частей, удаленных для ясности, системы обнаружения положения трубопровода в дне водной массы и виды в разрезе трубопровода, водной массы и дна водной массы;

фиг. 2 - вид в плане, соответствующий видам из фиг. 1, без частей, удаленных для ясности;

фиг. 3 - структурная схема устройства обнаружения из системы обнаружения; и

фиг. 4 - вид сзади системы обнаружения из фиг. 1 согласно альтернативному варианту осуществления без частей, удаленных для ясности.

#### **ЛУЧШИЙ ВАРИАНТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Обратимся к фиг. 1 и 2, на которых позицией 1 показана в целом система 1 обнаружения, предназначенная для контроля положения трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6 и содержащая судно 2 и устройство 3 обнаружения. При использовании судно 2 может идти в направлении D движения. Устройство 3 содержит соединительную систему 7 для соединения его с судном 2 и перемещения в водной массе 6. В частности, соединительная система 7 содержит приводы 8, которые позволяют регулировать глубину погружения опоры 9 в водную массу 6, чтобы помещать опору 9 на расчетном расстоянии D2 от трубопровода 4.

Устройство 3 содержит опору 9, вытянутую в основном вдоль оси A, которая при использовании перпендикулярна к направлению D движения. Иначе говоря, опора 9 вытянута в основном вдоль оси A; в частности, размер опоры 9 вдоль оси A по меньшей мере в два раза больше размера в направлении, перпендикулярном к оси A. В частности, размер опоры 9 вдоль оси A по меньшей мере в десять раз больше размера в направлении, перпендикулярном к оси A.

Устройство 3 содержит некоторое количество источников 10 акустических волн, распределенных вдоль опоры 9, и некоторое количество приемников 11 акустических волн, распределенных вдоль опоры 9.

Система 1 содержит блок 12 обработки, находящийся в связи с некоторым количеством источников 10 акустических волн и некоторым количеством приемников 11 акустических волн.

Каждый источник 10 акустических волн выполнен с возможностью распространения акустических волн через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6, и предпочтительно, чтобы он был отнесен на расстояние от соседних источников 10 с тем, чтобы

акустические волны, излучаемые источниками 10, проходили через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6 под взаимно различными углами. В частности, некоторое количество источников 10 представлено тремя источниками 10 акустических волн, разнесенными на расстояния друг от друга вдоль опоры 9. Более подробно, один из трех источников 10 акустических волн расположен в центре опоры 9 и другие два источника 10 акустических волн расположены на концах опоры 9. Эта конфигурация позволяет излучать акустические волны, которые проходят через водную массу 6 и дно 5 водной массы 6 под различными углами в соответствии с положением каждого источника 10. Каждый источник 10 содержит преобразователь 13, который, в свою очередь, содержит некоторое количество пьезоэлектрических элементов.

Пьезоэлектрические элементы установлены в линию вдоль оси, которая может быть параллельна оси А или перпендикулярна к оси А, и могут снабжаться энергией индивидуально или группами. В одном неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения пьезоэлектрические элементы снабжают энергией начиная с одного из них, например с одного центрального, и затем переходят к снабжению энергией других, расположенных симметрично по обеим сторонам. В другом неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения все пьезоэлектрические элементы совместно снабжают энергией одинаковым образом, чтобы повысить направленность излучаемых акустических волн. При таком способе пьезоэлектрические элементы возбуждают акустические волны с линейной частотной модуляцией, имеющие широкий частотный спектр, при котором гарантируются высокая проникающая способность и широкая пространственная зона обзора. Кроме того, при использовании акустических волн с линейной частотной модуляцией достигается лучшее отношение сигнала к шуму. Поэтому каждый источник 10 из трех источников 10 выполнен так, что является ненаправленным в полусфере, обращенной ко дну 5 водной массы 6. Иначе говоря, каждая излучаемая акустическая волна расширяется при следовании в полусфере, обращенной ко дну 5 водной массы 6. В предпочтительном, но неограничивающем варианте

осуществления настоящего изобретения каждый источник 10 содержит пять пьезоэлектрических элементов. Преобразователь 13 содержит блок снабжения энергией пяти пьезоэлектрических элементов, который выполнен с возможностью снабжения энергией только одного, трех из пяти или всех пяти начиная с одного центрального и с переходом к другим, расположенным симметрично по обеим сторонам. Более подробно, каждый источник 10 акустических волн выполнен с возможностью излучения акустических волн с циклической частотой, линейно изменяющейся со временем, с частотой, зависящей от заданного пространственного разрешения и предпочтительно зависящей от поперечного сечения  $D_1$  трубопровода 4 и заданной глубины проникновения в дно 5 водной массы 6. Например, каждый источник 10 выполняется с возможностью излучения акустических волн с линейной частотной модуляцией и длительностью от 2 до 6 мс, предпочтительно 4 мс, и при этом частота изменяется линейно со временем в частотном диапазоне от 1 до 60 кГц, предпочтительно в частотном диапазоне от 10 до 50 кГц. Частотный диапазон выбирают на основании заданного разрешения и заданного проникновения. В предпочтительном варианте осуществления заданное разрешение составляет порядка сантиметра.

В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения каждый источник 10 содержит магнитодинамические или магнитострикционные преобразователи.

В состав некоторого количества приемников 11 акустических волн входят  $N$  приемников 11 акустических волн, установленных в линию вдоль оси  $A$ . Число  $N$  является переменным, зависящим от заданного разрешения. В одном варианте осуществления число  $N$  равно единице.

В другом варианте осуществления число  $N$  равно трем. При числе  $N$  приемников 11 более трех устройство 3 обнаружения обладает преимуществом, заключающемся в том, что оценивание положения трубопровода 4 происходит более точно и при этом накладываются меньшие ограничения на минимальные расстояния между приемниками 11. Фактически, акустические волны, отраженные трубопроводом 4, центрируются вдоль гиперболической траектории в

области пространство-время и вследствие этого, когда число приемников 11 равно трем или более, устройство 3 обнаружения может надлежащим образом реконструировать гиперболическую траекторию отраженных волн благодаря трем отсчетам с трех приемников 11, поскольку гипербола однозначно определяется тремя точками. Таким образом, устройством 3 уменьшается значение проблем пространственных искажений из-за недостаточной частоты дискретизации.

В еще одном варианте осуществления число  $N$  приемников 11 составляет порядка десяти. Множество приемников 11 располагают так, чтобы по меньшей мере один приемник 11 находился между двумя источниками 10. Кроме того, когда число приемников 11 составляет порядка десяти, приемники 11 распределяют равномерно с постоянными расстояниями друг от друга в распределении; в частности, с расстояниями друг от друга в распределении меньше чем или равными 40 см, предпочтительно меньше чем или равными 20 см. Множество приемников 11 располагают вдоль оси  $A$  на заданной длине  $L$  в пределах от 3 до 5 м, в частности, на 4 м. Предпочтительно, чтобы длина  $L$  была связана с расстоянием между опорой 9 и трубопроводом 4.

Например, каждый приемник 11 представляет собой гидрофон с высокой чувствительностью и имеет частотную характеристику в режиме приема, которая является почти плоской от приблизительно 0,1 до 180 кГц, и в частности, отклонения от среднего значения коэффициента передачи являются пренебрежимо малыми до 15 кГц. Кроме того, например, каждый приемник 11 имеет диаграмму направленности в режиме приема, измеренную на частоте 100 кГц, которая формируется вдоль окружности плоскости, образованной осями, параллельными оси  $A$  и направлению  $D$  движения, и вдоль линии, которая находится внутри кольцевого пространства, имеющего ширину 5-10 дБ, в плоскости, образованной осями, параллельными осям  $A$  и  $Z$ , где  $Z$  является осью, перпендикулярной к оси  $A$ , к направлению  $D$  движения и перпендикулярной ко дну 5. Вследствие этого каждый приемник 11 имеет по существу один и тот же коэффициент передачи в режиме приема независимо от направления в пространстве, с которого приходит звук. Иначе

говоря, каждый приемник 11 имеет коэффициент преобразования звука в сигнал SR приема, который по существу не зависит от направления на источник звука.

Следовательно, каждый приемник 11 акустических волн выполнен с возможностью приема акустических волн, отраженных под различными углами, и излучения сигналов SR приема, которые связаны с отраженными акустическими волнами и передаются на блок 12 обработки.

В приемниках 11 идентифицируется полуплоскость обнаружения, которая продолжается от опоры 9 ко дну 5 водной массы 6 и перпендикулярна к нему; в частности, плоскость обнаружения перпендикулярна ко дну 5 водной массы 6 и полуплоскость содержит ось А и ось Z.

Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения каждый преобразователь 13 выполнен с возможностью работы в качестве источника 10 и в качестве приемника акустических волн. Таким образом, согласно этому варианту осуществления устройство 3 содержит ряд приемников 11 и преобразователей 13, которые установлены в линию вдоль оси А и распределены с постоянными расстояниями друг от друга в распределении и все выполнены с возможностью генерации сигнала SR приема.

Устройство 3 регулирует посредством приводов 8 расстояние D2 от опоры 9 до верхнего конца трубопровода 4, измеряемое вдоль оси Z. Расстояние D2 регулируется так, что оно находится в заданном диапазоне, пределы которого определяются, соответственно: а) длиной L; и б) удвоенной длиной L; предпочтительно, чтобы расчетное расстояние D2 было равно произведению 1,5 на L.

В альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 4, устройство 103 содержит перевернутую вверх дном V-образную опору 109. Кроме того, устройство 103 содержит множество источников 10 и приемников 11, расположенных вдоль опоры 109 с образованием V-образной перевернутой вверх дном конфигурации, при этом вогнутая часть обращена ко дну 5 водной массы 6. В

частности, опора 109 образует угол в пределах от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ . В показанном варианте осуществления угол составляет  $90^\circ$ . В случае представленного варианта осуществления при заданной длине  $L$  устройство 103 необходимо погружать на меньшую глубину и можно обнаруживать трубопровод 4 на большем расстоянии  $D_2$  трубопровода 4 от устройства 103.

Блок 12 обработки имеет связь с источниками 10 акустических волн для управления сигналами ST передачи и с приемниками 11 акустических волн для приема сигналов SR приема. Кроме того, в блоке 12 обработки известны положения источников 10 и в нем осуществляется связь данных, относящихся к положению соответствующего источника 10, с каждым сигналом ST передачи. Точно так же, в блоке 12 обработки известны положения приемников 11 и в нем осуществляется связь данных, относящихся к положению соответствующего приемника 11, с каждым сигналом SR приема.

Согласно альтернативному варианту осуществления сигналы ST передачи генерируются источниками 10 акустических волн или другим устройством, связанным с источниками 10 акустических волн, и они также передаются на блок 12 обработки.

Блок 12 обработки выполнен с возможностью контроля, попадает ли параметр, относящийся к положению трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6, в пределы определенного диапазона. Иначе говоря, трубопровод 4 заглублен в дно 5 водной массы 6 на заданную глубину и находится в заданном положении, которое известно на основании проектных данных и более или менее соответствует фактическим данным за исключением существенных отклонений, возникающих при реализации проекта. Блок 12 обработки выполнен с возможностью вычисления положения трубопровода 4 и параметров, связанных с заглублением, путем использования всей заранее известной информации для контроля, выполнено ли должным образом заглубление.

В частности, в блоке 12 обработки вычисляется положение трубопровода 4 и параметры, связанные с заглублением трубопровода 4 в дне водной массы 6, на основании сигналов SR приема. В альтернативном варианте осуществления настоящего

изобретения в блоке 12 обработки вычисляется положение трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6 на основании сигналов SR приема и сигналов ST передачи.

Кроме того, блок 12 обработки выполнен с возможностью вычисления четырех других параметров на основании вычисленного положения трубопровода 4: первого параметра, второго параметра, третьего параметра и четвертого параметра.

Первым параметром является значение высоты  $H$  траншеи верхнего конца трубопровода 4 в дне 5 водной массы 6. Иначе говоря, высота траншеи  $H$  означает расстояние между поверхностью дна 5 водной массы 6 и верхним концом трубопровода 4. Например, заданное значение первого параметра, а именно высоты  $H$  траншеи, находится в пределах первого диапазона от 2,5 до 3 м.

Вторым параметром является значение прямолинейности трубопровода 4 вдоль оси  $Z$ , иначе говоря, максимальное вертикальное перемещение трубопровода 4 на протяжении заданной длины. Например, заданным значением второго параметра является перемещение меньше чем 20 см вдоль оси  $Z$  на протяжении длины трубопровода 4, составляющей 25 м.

Третий параметр относится к форме траншеи, в которую укладывают трубопровод 4.

Четвертым параметром является значение толщины покрытия трубопровода 4, то есть количество покровного материала поверх трубопровода 4.

Кроме того, блок 12 обработки содержит блок 14 сбора данных, выполненный с возможностью приема извне, например от оператора или с другого устройства, соединенного с устройством 3, значения скорости звука в водной массе 6 и направления этого значения в блок 12 обработки. Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в водной массе 6 по сигналам приема, в частности, в блоке 12 обработки обнаруживается скорость звука в дне 5 водной массы 6 по сигналам приема, создаваемым акустическими волнами, которые распространяются непосредственно от передатчика 10 к приемнику 11 без отражений.

Кроме того, блок 14 сбора данных выполнен с возможностью

приема извне значения поперечного сечения  $D_1$  трубопровода 4 для просмотра и направления этого значения в блок 12 обработки.

Блок 14 сбора данных также выполнен с возможностью приема извне значения, связанного с вероятной высотой  $H$  траншеи трубопровода 4, для просмотра и направления этого значения в блок 12 обработки.

В предпочтительном, но неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения блок 14 сбора данных принимает координаты направления, логически вытекающие из навигации.

Кроме того, блок 14 сбора данных выполнен с возможностью сохранения батиметрического профиля дна 5 водной массы 6. Более подробно, дно 5 водной массы 6 анализируется по направлению пути укладки трубопровода 4 батометром 16 и собранные данные сохраняются в блоке 14 сбора данных. Блок 14 сбора данных передает эти данные к блоку 12 обработки. Согласно альтернативному варианту настоящего изобретения блок 14 сбора данных принимает в реальном времени батиметрический профиль с многолучевого гидролокатора. Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется батиметрический профиль по сигналам SR приема; в частности, в блоке 12 обработки вычисляется батиметрический профиль на основании акустических волн, отраженных дном 5 водной массы 6.

Блок 12 обработки выполнен с возможностью обнаружения параметров цилиндрического трубопровода 4. Иначе говоря, блок 12 обработки снабжен моделью, которая описывает трубопровод 4 как цилиндрический и с учетом эффектов отражения акустических волн на цилиндрическом трубопроводе 4. При таком подходе форма трубопровода 4 не считается неизвестной, однако характеризуются известные значения и вследствие этого снижается вычислительная сложность системы, подлежащей решению.

Блок 14 сбора данных выполнен с возможностью приема извне значения диапазона значений, которые показывают ожидаемое положение трубопровода 4. Иначе говоря, после укладки трубопровода 4 может быть определен диапазон значений положений

трубопровода 4, в которых может находиться трубопровод 4.

В блоке 12 обработки идентифицированные выше данные используются для вычисления положения Р трубопровода 4; в частности, в блоке 12 обработки вычисляется положение Р верхнего конца трубопровода 4.

В блоке 12 обработки вычисленное положение Р трубопровода 4 используется для вычисления первого параметра, то есть значения высоты Н траншеи.

В блоке 12 обработки вычисленное положение Р трубопровода 4 используется для вычисления второго, третьего и четвертого параметров.

В предпочтительном, но неограничивающем варианте осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляются второй, третий и четвертый параметры на основании значений первого параметра.

Более подробно, блок 12 обработки принимает сигналы SR приема и вычисляет траекторию, по которой акустические волны распространяются в водной массе 6 и в дне 5 водной массы 6, на основании теории трассировки лучей и одного или нескольких из следующих объектов данных: заданной или вычисленной скорости звука в водной массе 6, профиля дна 5 водной массы 6, ожидаемого значения положения трубопровода 4, заданной формы трубопровода 4, известного значения поперечного сечения D1 трубопровода 4, положения источников 10 и приемников 11 вдоль опоры 9, ожидаемого значения высоты Н траншеи и координат направления, логически вытекающих из навигации. На основании анализа этих данных в блоке 12 обработки вычисляются криволинейные траектории, которые представляют собой траектории акустических волн, отраженных трубопроводом 4 и дном 5 водной массы 6.

В блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в дне 5 водной массы 6 по сигналам SR приема и вычисляется положение Р трубопровода 4 на основании вычисленной скорости звука в дне 5 водной массы 6 и вычисленных криволинейных траекторий. Более подробно, в блоке 12 обработки вычисляются значения, связанные с положением верхнего конца трубопровода 4, в частности положение вдоль оси А и оси Z верхнего конца трубопровода 4 и скорость

звука в дне 5 водной массы 6 с помощью функционала подобия, усредненного по некоторому количеству из множества приемников 11. Функционал подобия является интегралом по фазе в окнах Гаусса сигналов SR приема на всем протяжении вычисленных криволинейных траекторий. В блоке 12 обработки вычисляются среднее статистическое значение и стандартное отклонение результатов функционала подобия, усредненных по некоторому количеству приемников 11, и определяются положение Р трубопровода 4 и скорость звука в дне 5 водной массы 6. Кроме того, в блоке 12 обработки вычисляется первый параметр, то есть высота Н траншеи, на основании положения Р трубопровода 4.

Благодаря сигналам SR приема, получаемым от различных источников 10, которые порождаются акустическими волнами, отраженными под взаимно различными углами, можно определять скорость звука в дне 5 водной массы 6 при использовании лучевой теории.

Согласно альтернативному варианту осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость звука в дне 5 водной массы 6 при использовании статистической автокорреляции или интеграла свертки сигналов SR приема, поступающих с различных приемников 11, на которых обнаруживаются акустические волны, попадающие на трубопровод 4 под различными углами. Затем в блоке 12 обработки вычисляется положение Р трубопровода 4 на основании вычисленной скорости звука в дне 5 водной массы 6 и вычисленных криволинейных траекторий.

Согласно предпочтительному, но неограничивающему варианту осуществления настоящего изобретения блок 12 обработки соединен с источниками 10 для управления сигналами ST передачи, которыми определяются распространяющиеся акустические волны. В блоке 12 обработки сигналы ST передачи используются в качестве пусковых сигналов для сбора сигналов SR приема. Кроме того, в альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения блок 12 обработки интегрирует описанный выше процесс путем использования статистической корреляции между сигналами ST передачи и сигналами SR приема для повышения разрешающей способности измерений и уменьшения неопределенностей.

Блок 12 обработки содержит выходной интерфейс 15, выполненный с возможностью определения направления D движения на основании предполагаемой дислокации трубопровода 4. Выходной интерфейс 15 выполнен с возможностью коррекции направления D движения на основании положения P трубопровода 4, вычисленного в предшествующий момент времени в блоке 12 обработки.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения в блоке 12 обработки вычисляется скорость распространения акустических волн в водной массе 6 на основании сигналов приема, связанных с неотраженными акустическими волнами; вычисляется батиметрический профиль дна 5 водной массы 6 по сигналам SR приема или принимается батиметрический профиль извне при посредстве устройства 14 сбора данных; вычисляется скорость распространения акустических волн в дне 5 водной массы 6 по сигналам SR приема, связанным с отраженными акустическими волнами; вычисляется положение P трубопровода 4; контролируется, попадает ли положение P трубопровода 4 в пределы заданных проектных значений; и вычисляются поправки к направлению D движения на основании обнаруженного положения P.

Наконец, очевидно, что модификации описанных вариантов осуществления могут быть включены в настоящее изобретение без отступления от объема прилагаемой формулы изобретения.

Кроме того, очевидно, что система и способ, образующие предмет настоящего изобретения, пригодны для вычисления положения трубопровода, находящегося в непокрытой траншее. В этом случае высота H траншеи определяется как расстояние между поверхностью дна 5 водной массы 6 на краях траншеи и верхним концом трубопровода 4.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Система обнаружения для контроля положения трубопровода, находящегося в дне водной массы и проходящего по заданной трассе; при этом система (1) содержит устройство (3; 103), которое выполнено с возможностью перемещения в направлении (D) движения и по заданному маршруту и содержит опору (9; 109), которая вытянута в основном перпендикулярно к направлению (D) движения, некоторое количество источников (10) акустических волн, которые установлены на опоре (9; 109) и выполнены с возможностью распространения акустических волн через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6), и некоторое количество приемников (11) акустических волн, которые расположены вдоль опоры (9; 109) и выполнены с возможностью приема отраженных акустических волн и излучения сигналов (SR) приема, связанных с отраженными акустическими волнами; и блок (12) обработки, содержащий блок (14) сбора данных, который выполнен с возможностью приема извне по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения (D1) трубопровода (4), ожидаемое значение высоты (H) траншеи трубопровода (4), известную форму трубопровода (4), ожидаемый батиметрический профиль дна (5) водной массы (6) и ожидаемое значение положения (P) трубопровода (4); при этом блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании сигналов (SR) приема и по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных.

2. Система по п. 1, в которой блок (12) обработки содержит выходной интерфейс (12) для коррекции направления (D) движения на основании параметра (H), вычисленного в предшествующий момент времени.

3. Система по п. 1 или 2, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом (4), через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6) на основании сигналов (SR) приема; и вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4), на

основании вычисленной траектории акустических волн.

4. Система по любому одному из предшествующих пунктов и содержащая механизм (8) для регулирования глубины погружения опоры (9; 109) в водной массе (6), чтобы помещать опору (9; 109) на заданном расчетном расстоянии ( $D_2$ ) от трубопровода (4).

5. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой каждый источник (19) из некоторого количества источников (10) выполнен с возможностью излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в пределах заданного частотного диапазона, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

6. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой некоторое количество источников (10) равно двум или более чем двум, в частности, некоторое количество источников (10) равно трем; при этом один из трех источников (10) расположен в центре опоры (9; 109) и другие два источника (10) расположены на концах опоры (9; 109).

7. Система по п. 6, в которой по меньшей мере один приемник (11) расположен между двумя источниками (10).

8. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой каждый приемник (11) имеет коэффициент преобразования звука в сигнал (SR) приема, который по существу не зависит от направления происхождения звука.

9. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой некоторое количество приемников (11) равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников (11) равно трем или более чем трем.

10. Система по п. 9, в которой приемники (11) распределены перпендикулярно к направлению (D) движения.

11. Система по п. 9 или 10, в которой некоторое количество приемников (11) равно десяти или более чем десяти; и в которой приемники равномерно распределены вдоль опоры (9; 109) при постоянном расстоянии друг от друга в распределении; в частности, расстояние в распределении меньше чем или равно 40 см, предпочтительно меньше чем или равно 20 см.

12. Система по любому одному из предшествующих п.п. 9-11, в которой приемники (11) распределены вдоль опоры (9; 109) на протяжении заданной длины (L), которая находится в пределах от 3 до 5 м, предпочтительно составляет 4 м.

13. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой опора (9; 109) вытянута вдоль оси (A), которая перпендикулярна к направлению (D) движения; и в которой некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) распределены вдоль оси (A); при этом предпочтительно, чтобы некоторое количество источников (10) было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников (11) было больше трех или равно трем.

14. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) размещены так, что образуют перевернутую букву V с вогнутой частью, обращенной ко дну (5) водной массы (6); в частности, V образует угол, находящийся в диапазоне, имеющем пределы от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ ; при этом предпочтительно, чтобы некоторое количество источников (10) было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников (11) было более трех или равно трем.

15. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления скорости звука в дне (5) водной массы (6) по сигналам (SR) приема.

16. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки соединен с источником (10) для управления сигналами (ST) передачи, которыми определяются распространяющиеся акустические волны, и выполнен с возможностью вычисления параметра (H), связанного с положением трубопровода (4), на основании сигналов (ST) передачи; в частности, на основании корреляции между сигналами (ST) передачи и сигналами (SR) приема и/или при использовании сигналов (ST) передачи в качестве пусковых сигналов во время сбора сигналов (SR) приема.

17. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в

которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления параметра (Н), связанного с положением (Р) трубопровода (4), на основании функционала подобия сигналов (SR) приема.

18. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой параметром (Н), связанным с положением (Р) трубопровода (4), является высота (Н) траншеи; при этом блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления положения (Р) трубопровода (4) и вычисления параметра (Н) на основании положения (Р) трубопровода (4) и батиметрического профиля дна (5) водной массы (6).

19. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления значения прямолинейности трубопровода (4) на основании значений параметра (Н) или на основании положения (Р) трубопровода (4).

20. Способ обнаружения для контроля положения трубопровода в дне (5) водной массы (6), проходящего по заданной трассе; при этом способ содержит этапы, на которых перемещают в направлении (D) движения и по заданному маршруту некоторое количество источников (10) акустических волн и некоторое количество приемников акустических волн, распределенных перпендикулярно к направлению (D) движения; распространяют акустические волны через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6); принимают акустические волны, отраженные трубопроводом (4); собирают извне по меньшей мере одни данные, выбираемые из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения (D1) трубопровода (4), ожидаемое значение положения (Р) трубопровода (4), форму трубопровода (4), батиметрический профиль дна (5) водной массы (6) и ожидаемое значение положения (Р) трубопровода (4); и вычисляют параметр (Н), связанный с положением (Р) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании принимаемых отраженных акустических волн и на основании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных.

21. Способ по п. 20 и содержащий этап коррекции направления (D) движения на основании параметра (Н), вычисленного в предшествующий момент времени.

22. Способ по п. 20 или 21 и содержащий этап вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом (4), через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6) на основании принимаемых акустических волн; и вычисления параметра (Н), связанного с положением (Р) трубопровода (4), на основании вычисленной траектории акустических волн.

23. Способ по любому одному из предшествующих п.п. 20-22 и содержащий этап погружения некоторого количества источников (10) и некоторого количества приемников (11) таким образом, чтобы они находились на заданном расчетном расстоянии (D2) от трубопровода (4).

24. Способ по п. 23, в котором некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) распределяют вдоль оси (А) на протяжении длины (L), и способ содержит этап определения заданного расчетного расстояния (D2) от трубопровода (4) в диапазоне, имеющем пределы, вытекающие из: а) длины L; и б) удвоенной длины L; предпочтительно при расчетном расстоянии (D), которое равно произведению 1,5 на длину L.

25. Способ по любому одному из предшествующих п.п. 20-24 и содержащий этап излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в заданном частотном диапазоне, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

26. Способ по любому одному из п.п. 20-25, в котором некоторое количество приемников (11) равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников (11) равно трем или более чем трем.

27. Способ по любому одному из п.п. 20-26 и содержащий этап вычисления скорости звука в дне (5) водной массы (6) на основании принимаемых акустических волн.

28. Способ по любому одному из п.п. 20-27 и содержащий этап управления излучаемыми акустическими волнами и вычисления параметра (Н), связанного с положением (Р) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании распространяемых акустических волн; в частности, способ содержит этап

осуществления корреляции между сигналами (ST) передачи, имеющими отношение к распространяемым акустическим волнам, и сигналами (SR) приема, имеющими отношение к принимаемым акустическим волнам, и/или этап использования сигналов (ST) передачи, имеющих отношение к распространяемым акустическим волнам, в качестве пусковых сигналов во время сбора сигналов (SR) приема, имеющих отношение к принимаемым акустическим волнам.

29. Способ по любому одному из п.п. 20-28 и содержащий этап вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4), на основании функционала подобия сигналов (SR) приема, имеющих отношение к принимаемым акустическим волнам.

30. Способ по любому одному из п.п. 20-29, в котором параметр (H) является высотой траншеи; при этом способ содержит этап вычисления положения (P) трубопровода (4) и вычисления параметра (H) на основании положения (P) трубопровода (4) и батиметрического профиля дна (5) водной массы (6).

31. Способ по любому одному из п.п. 20-30 и содержащий этап вычисления значения прямолинейности трубопровода (4) на основании значений параметра (P) или положений (P) трубопровода (4).

По доверенности

**ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ****ПРЕДЛОЖЕННАЯ ЗАЯВИТЕЛЕМ ДЛЯ РАССМОТРЕНИЯ (ПО СТ.34)**

1. Система обнаружения для контроля положения трубопровода, находящегося в дне водной массы и проходящего по заданной трассе; при этом система (1) содержит устройство (3; 103), которое выполнено с возможностью перемещения в направлении (D) движения и по заданному маршруту в водной массе (6) и содержит опору (9; 109), которая вытянута в основном перпендикулярно к направлению (D) движения, некоторое количество источников (10) акустических волн, которые установлены на опоре (9; 109) и выполнены с возможностью распространения акустических волн через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6), и некоторое количество приемников (11) акустических волн, которые расположены вдоль опоры (9; 109) и выполнены с возможностью приема отраженных акустических волн и излучения сигналов (SR) приема, связанных с отраженными акустическими волнами; и блок (12) обработки, содержащий блок (14) сбора данных, который выполнен с возможностью приема извне по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения (D1) трубопровода (4), ожидаемое значение высоты (H) траншеи трубопровода (4), известную форму трубопровода (4), ожидаемый батиметрический профиль дна (5) водной массы (6) и ожидаемое значение положения (P) трубопровода (4); при этом блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании сигналов (SR) приема и по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных, и контроля, попадает ли параметр (H) в пределы определенных диапазонов; при этом некоторое количество приемников (11) равно двум или более чем двум; в частности, некоторое количество приемников (11) равно трем или более чем трем; при этом приемники (11) распределены перпендикулярно к направлению (D) движения; и система содержит механизм (8) для регулирования глубины погружения опоры (9; 109) в водной массе (6), чтобы помещать опору (9; 109) на заданном расчетном расстоянии (D2) от трубопровода (4).

2. Система по п. 1, в которой блок (12) обработки содержит выходной интерфейс (12) для коррекции направления (D) движения на основании параметра (H), вычисленного в предшествующий момент времени.

3. Система по п. 1 или 2, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом (4), через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6) на основании сигналов (SR) приема; и вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4), на основании вычисленной траектории акустических волн.

4. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой каждый источник (19) из некоторого количества источников (10) выполнен с возможностью излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в пределах заданного частотного диапазона, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

5. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой некоторое количество источников (10) равно двум или более чем двум, в частности, некоторое количество источников (10) равно трем; при этом один из трех источников (10) расположен в центре опоры (9; 109) и другие два источника (10) расположены на концах опоры (9; 109).

6. Система по п. 5, в которой по меньшей мере один приемник (11) расположен между двумя источниками (10).

7. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой каждый приемник (11) имеет коэффициент преобразования звука в сигнал (SR) приема, который по существу не зависит от направления происхождения звука.

8. Система по п. 1, в которой некоторое количество приемников (11) равно десяти или более чем десяти; и в которой приемники равномерно распределены вдоль опоры (9; 109) при постоянном расстоянии друг от друга в распределении; в частности, расстояние в распределении меньше чем или равно 40 см, предпочтительно меньше чем или равно 20 см.

9. Система по п. 1, в которой приемники (11) распределены

вдоль опоры (9; 109) на протяжении заданной длины (L), которая находится в пределах от 3 до 5 м, предпочтительно составляет 4 м.

10. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой опора (9; 109) вытянута вдоль оси (A), которая перпендикулярна к направлению (D) движения; и в которой некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) распределены вдоль оси (A); при этом предпочтительно, чтобы некоторое количество источников (10) было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников (11) было больше трех или равно трем.

11. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) размещены так, что образуют перевернутую букву V с вогнутой частью, обращенной ко дну (5) водной массы (6); в частности, V образует угол, находящийся в диапазоне, имеющем пределы от  $80^\circ$  до  $100^\circ$ ; при этом предпочтительно, чтобы некоторое количество источников (10) было более двух или равно двум, а некоторое количество приемников (11) было более трех или равно трем.

12. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления скорости звука в дне (5) водной массы (6) по сигналам (SR) приема.

13. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки соединен с источником (10) для управления сигналами (ST) передачи, которыми определяются распространяющиеся акустические волны, и выполнен с возможностью вычисления параметра (H), связанного с положением трубопровода (4), на основании сигналов (ST) передачи; в частности, на основании корреляции между сигналами (ST) передачи и сигналами (SR) приема и/или при использовании сигналов (ST) передачи в качестве пусковых сигналов во время сбора сигналов (SR) приема.

14. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления

параметра (Н), связанного с положением (Р) трубопровода (4), на основании функционала подобия сигналов (SR) приема.

15. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой параметром (Н), связанным с положением (Р) трубопровода (4), является высота (Н) траншеи; при этом блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления положения (Р) трубопровода (4) и вычисления параметра (Н) на основании положения (Р) трубопровода (4) и батиметрического профиля дна (5) водной массы (6).

16. Система по любому одному из предшествующих пунктов, в которой блок (12) обработки выполнен с возможностью вычисления значения прямолинейности трубопровода (4) на основании значений параметра (Н) или на основании положения (Р) трубопровода (4).

17. Способ обнаружения для контроля положения трубопровода в дне (5) водной массы (6), проходящего по заданной трассе; при этом способ содержит этапы, на которых перемещают в направлении (D) движения и по заданному маршруту некоторое количество источников (10) акустических волн и некоторое количество приемников акустических волн, распределенных перпендикулярно к направлению (D) движения; распространяют акустические волны через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6) посредством некоторого количества источников (10) акустических волн; принимают акустические волны, отраженные трубопроводом (4), посредством некоторого количества приемников акустических волн; собирают извне по меньшей мере одни данные, выбираемые из группы известных или ожидаемых данных, содержащих: известное значение поперечного сечения (D1) трубопровода (4), ожидаемое значение положения (Р) трубопровода (4), форму трубопровода (4), батиметрический профиль дна (5) водной массы (6) и ожидаемое значение положения (Р) трубопровода (4); вычисляют параметр (Н), связанный с положением (Р) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании принимаемых отраженных акустических волн и на основании по меньшей мере одних данных, выбираемых из группы данных; и контролируют, попадает ли параметр (Н) в пределы определенных диапазонов; при этом некоторое количество приемников (11) равно двум или более чем двум; в частности,

некоторое количество приемников (11) равно трем или более чем трем; м способ содержит этап погружения некоторого количества источников (10) и некоторого количества приемников (11) таким образом, чтобы они находились на заданном расчетном расстоянии (D2) от трубопровода (4).

18. Способ по п. 17 и содержащий этап коррекции направления (D) движения на основании параметра (H), вычисленного в предшествующий момент времени.

19. Способ по п. 17 или 18 и содержащий этап вычисления траектории акустических волн, отраженных трубопроводом (4), через водную массу (6) и дно (5) водной массы (6) на основании принимаемых акустических волн; и вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4), на основании вычисленной траектории акустических волн.

20. Способ по п. 17, в котором некоторое количество источников (10) и некоторое количество приемников (11) распределяют вдоль оси (A) на протяжении длины (L), и способ содержит этап определения заданного расчетного расстояния (D2) от трубопровода (4) в диапазоне, имеющем пределы, вытекающие из: а) длины L; и б) удвоенной длины L; предпочтительно при расчетном расстоянии (D), которое равно произведению 1,5 на длину L.

21. Способ по любому одному из предшествующих п.п. 17-20 и содержащий этап излучения акустических волн с частотой, линейно изменяющейся со временем в заданном частотном диапазоне, который зависит от заданного пространственного разрешения и от заданной глубины проникновения.

22. Способ по любому одному из п.п. 17-21 и содержащий этап вычисления скорости звука в дне (5) водной массы (6) на основании принимаемых акустических волн.

23. Способ по любому одному из п.п. 17-22 и содержащий этап управления излучаемыми акустическими волнами и вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4) в дне (5) водной массы (6), на основании распространяемых акустических волн; в частности, способ содержит этап осуществления корреляции между сигналами (ST) передачи, имеющими

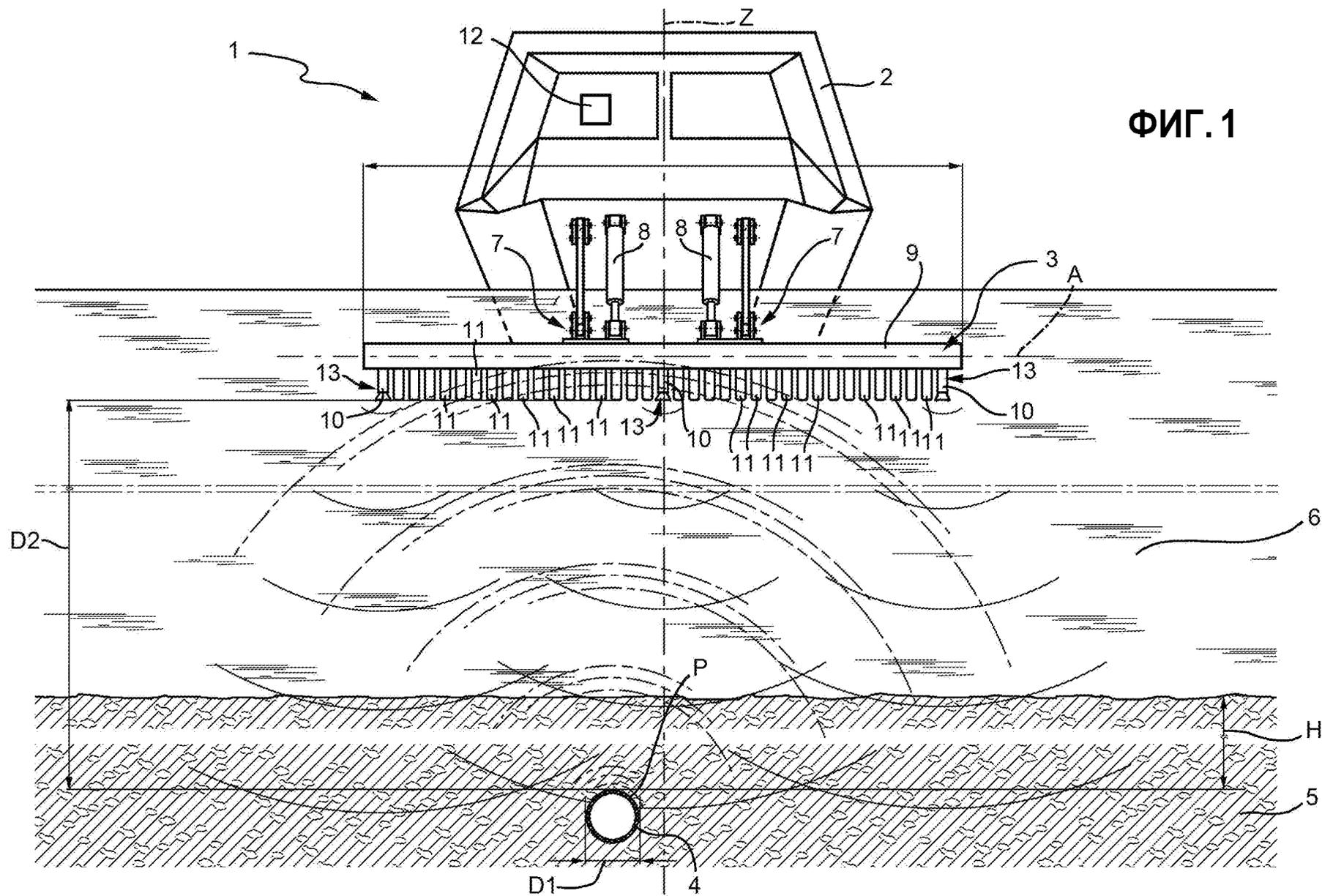
отношение к распространяемым акустическим волнам, и сигналами (SR) приема, имеющими отношение к принимаемым акустическим волнам, и/или этап использования сигналов (ST) передачи, имеющих отношение к распространяемым акустическим волнам, в качестве пусковых сигналов во время сбора сигналов (SR) приема, имеющих отношение к принимаемым акустическим волнам.

24. Способ по любому одному из п.п. 17-23 и содержащий этап вычисления параметра (H), связанного с положением (P) трубопровода (4), на основании функционала подобия сигналов (SR) приема, имеющих отношение к принимаемым акустическим волнам.

25. Способ по любому одному из п.п. 17-24, в котором параметр (H) является высотой траншеи; при этом способ содержит этап вычисления положения (P) трубопровода (4) и вычисления параметра (H) на основании положения (P) трубопровода (4) и батиметрического профиля дна (5) водной массы (6).

26. Способ по любому одному из п.п. 17-25 и содержащий этап вычисления значения прямолинейности трубопровода (4) на основании значений параметра (P) или положений (P) трубопровода (4).

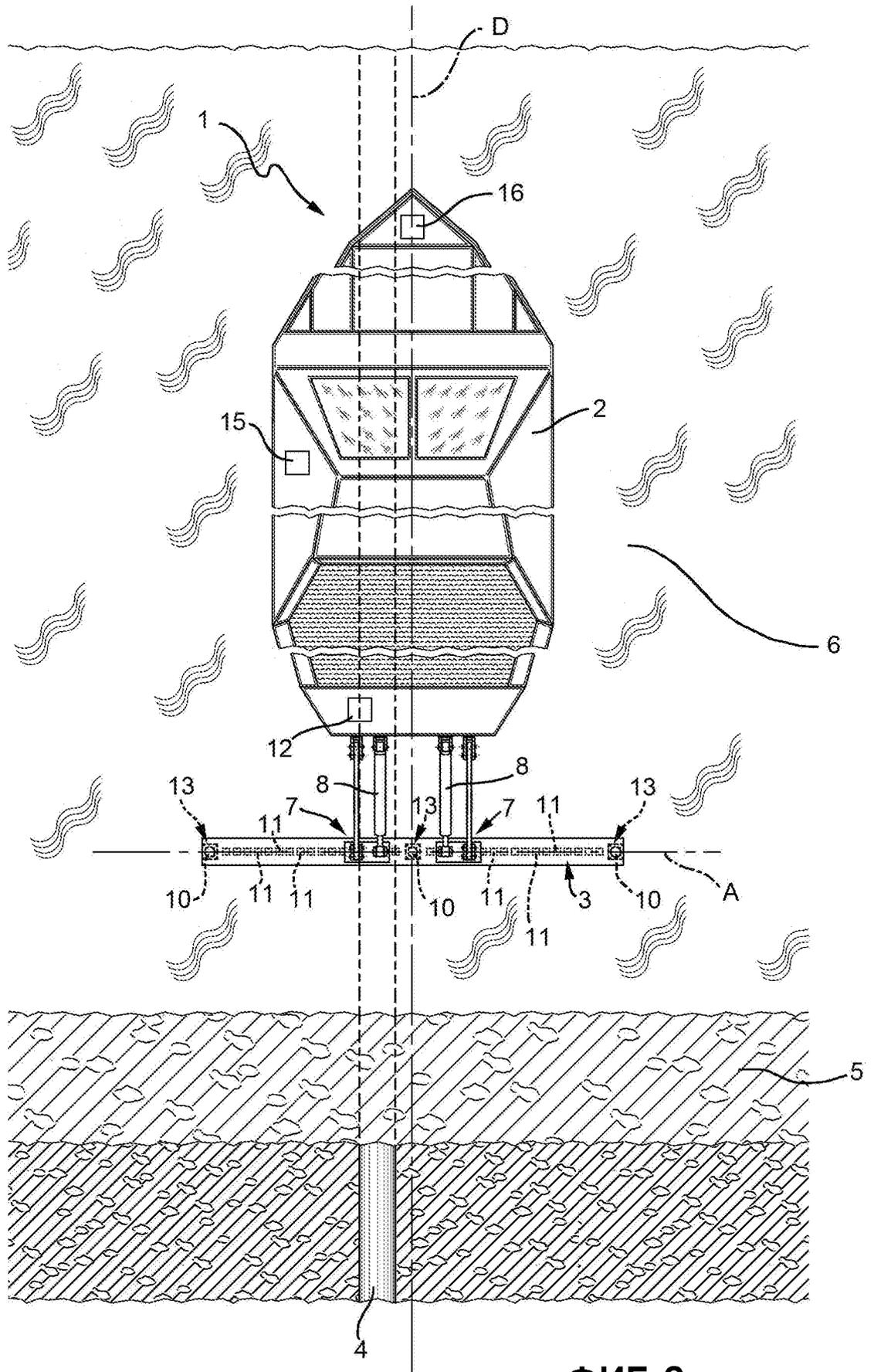
По доверенности



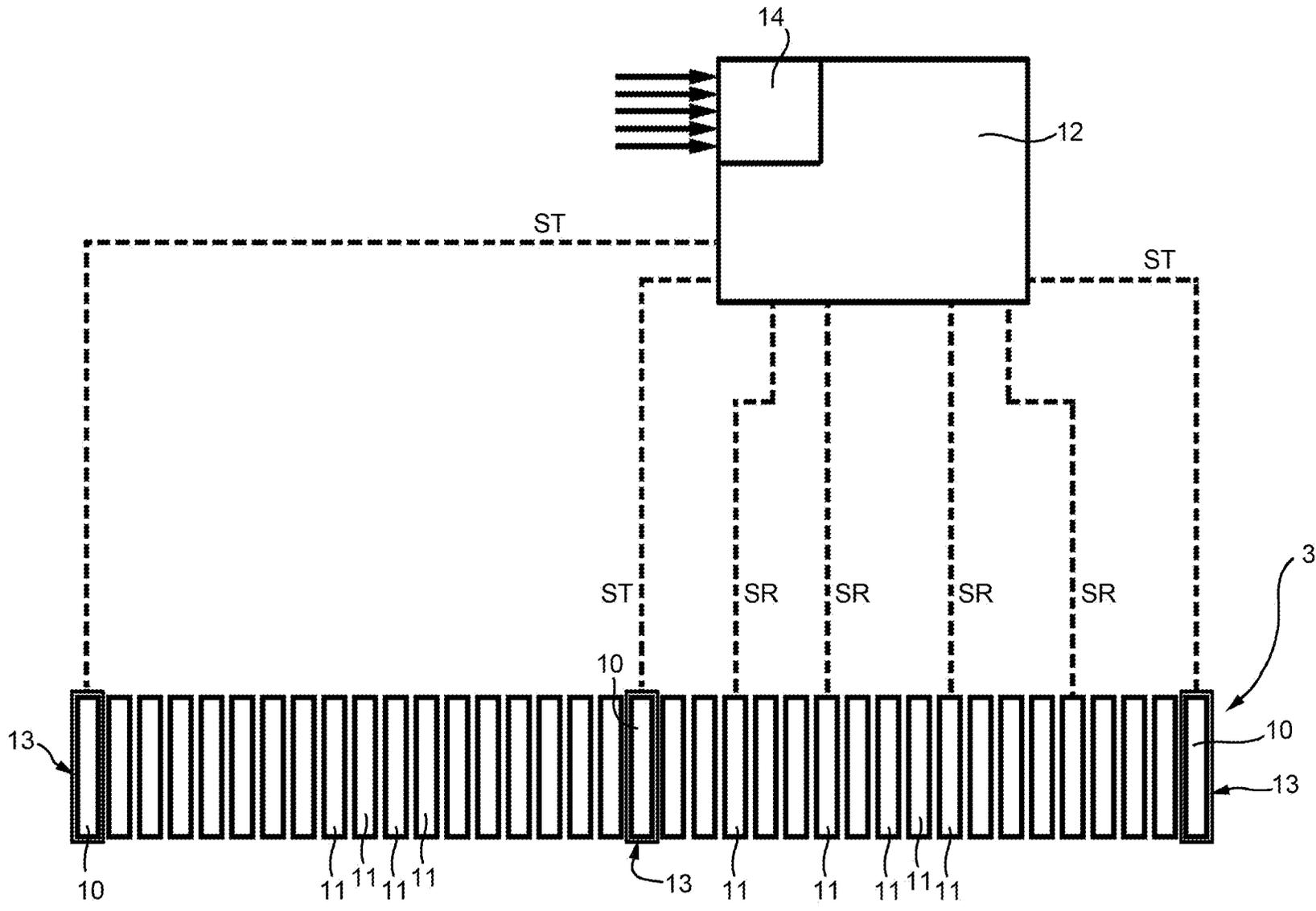
ФИГ. 1

1/4

545047



ФИГ. 2



3/4

ФИГ. 3

