

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042146**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.19

(21) Номер заявки
202192750

(22) Дата подачи заявки
2020.06.22

(51) Int. Cl. **G01V 1/44** (2006.01)
G01V 1/52 (2006.01)
B06B 1/04 (2006.01)
G10K 9/13 (2006.01)
H04R 1/44 (2006.01)

(54) **СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРЕПАДОВ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛОВ И/ИЛИ АНОМАЛИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ**

(31) **102019000009873**

(32) **2019.06.24**

(33) **IT**

(43) **2022.03.30**

(86) **PCT/IB2020/055869**

(87) **WO 2020/261092 2020.12.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭНИ С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:
**Карминати Стефано, Зампато
Массимо, Мауро Стефано, Галлуцци
Ренато (IT)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A1-2015361790
US-A-2405179
US-A1-2012051188
US-A-4001765
CN-A-108169340
US-A1-2015167393
US-A1-2017167252

(57) Система обнаружения (100), содержащая буровое долото (200), в которое встроены один или несколько электроакустических преобразователей (10, 11, 12), выполненных с возможностью работы в качестве передатчика и/или приемника; аналоговые управляющие электронные схемы (110) и аналоговые приемные электронные схемы (111); блок (120) обработки и управления, связанный с аналоговыми управляющими (110) и принимающими (111) электронными схемами, причем блок (120) обработки и управления связан с блоком (121) хранения данных и получает электрическое питание от системы (122) электропитания, а также блок (120) обработки и управления выполнен с возможностью генерации управляющих сигналов, которые должны быть отправлены на электроакустический преобразователь, действующий как передатчик (10), посредством аналоговых управляющих электронных схем (110) для сбора сигналов, принятых от электроакустического преобразователя, действующего как приемник (20), посредством аналоговых принимающих электронных схем (111) и для обработки принятых сигналов, для того чтобы определить наличие скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях, отличающаяся тем, что каждый из указанных электроакустических преобразователей (10, 11, 12) выполнен с возможностью контакта с текучей средой, находящейся под давлением.

042146
B1

042146
B1

Настоящее изобретение относится к системе обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях.

Они могут быть связаны с проходом из формаций различной плотности (например, глинистых слюев, коллекторов, содержащих жидкие и/или газообразные углеводороды, соляных куполов, базальтов) в формации или с карстовыми явлениями или разломами, которые, если не будут обнаружены, могут привести к потере формации бурового раствора со всеми вытекающими последствиями, такими как увеличение затрат на восстановление количества бурового раствора, необходимого для продолжения бурения, или такими как проблемы нестабильности стенок скважины, которые могут возникнуть, когда гидравлическое усилие бурового раствора, которого не хватает из-за потери формации, уменьшается.

Поэтому важно обнаруживать формации, содержащие текучие среды под избыточным давлением, до того как буровая головка или буровое долото достигнет самой области.

Возможность определения местоположение скачка порового давления на границе разделов и/или аномалии позволяет фактически принять ряд превентивных мер, чтобы предотвратить возникновение ситуации выброса, т.е. опасного события неконтролируемой утечки из откачной скважины (выброс) текучих сред, находящихся под избыточным давлением по отношению к гидравлическому усилию бурового раствора, путем принятия соответствующих контрмер.

В настоящее время используется решение, которое заключается в предварительной оценке давлений в отношении буровых работ с помощью методов сейсморазведки методом отраженных волн для определения тенденций изменения этих давлений с разрешением порядка 10 м.

Впоследствии оцененные тенденции изменения могут быть повторно откалиброваны в зависимости от глубины скважины с учетом локальных измерений в скважине (скорость звука, сопротивляемость, гамма-излучение, плотность и т.д.), выполненных во время бурения. Таким образом, также улучшается точность определения распределения давлений в боковом направлении.

Математические модели, используемые сегодня для обработки измерений и определения тенденций изменения порового давления в формациях, являются оценочными моделями, которые не позволяют прогнозировать аномальные давления, которые, возможно, имеются в еще не пройденных формациях, в частности, если литологический состав этих формаций показывает быстрые изменения относительно формации на стороне бурового долота и/или если геодавление обусловлено явлениями, которые не могут быть отнесены к недоуплотнению.

Известно, что для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях применяется геофония с использованием электромагнитных приводов типа звуковой катушки в качестве приемника, который может иметь подвижную катушку и фиксированный магнитопровод или наоборот фиксированную катушку и подвижное магнитное оборудование.

В патенте США 20180100387A1 представлена реализация электромагнитных преобразователей с использованием различных типов постоянных магнитов в подвижной части для геофонических измерений.

Также известно использование преобразователей емкостного типа, таких как так называемые МЭМС, оптического или пьезоэлектрического типа; последний может достигать максимальных рабочих частот от 3 до 5 МГц.

В любом случае преобразователи, используемые в известных системах обнаружения, характеризуются относительно большими размерами и достаточно высоким потреблением энергии, чтобы требовать подключения к источнику электропитания, что увеличивает сложность установки на больших глубинах; наконец, вышеупомянутые устройства не предназначены для работы при высоких давлениях, типичных для рабочей зоны в забое скважины.

Целью настоящего изобретения является преодоление вышеупомянутых недостатков и, в частности, разработка системы для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях, которая способна выполнять измерения непосредственно перед буровым долотом для прогнозирования аномальных давлений на глубине нескольких метров в формациях, которые еще предстоит пробурить перед буровым долотом.

Эта и другие цели согласно настоящему изобретению достигаются путем реализации системы обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях, как указано в п.1 формулы изобретения.

Дополнительные характеристики системы обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях являются предметом зависимых пунктов формулы изобретения.

Характеристики и преимущества системы обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях по настоящему изобретению будут более очевидны из следующего описания, которое следует понимать как иллюстративное, а не ограничивающее, со ссылкой на прилагаемые схематические чертежи, на которых

на фиг. 1 показан потенциальный сценарий применения системы обнаружения по настоящему изобретению;

на фиг. 2 показана блок-схема варианта осуществления системы обнаружения по настоящему изобретению;

бретению;

на фиг. 3а и 3б представлены соответственно вид в перспективе и вид сверху предпочтительного, но не ограничивающего варианта осуществления системы обнаружения по настоящему изобретению;

на фиг. 4 представлен схематический вид другого варианта осуществления детали системы обнаружения по настоящему изобретению;

на фиг. 5 представлен вид сверху другого варианта осуществления системы обнаружения по настоящему изобретению;

на фиг. 6а представлен вид в разрезе электроакустического преобразователя, входящего в систему обнаружения по настоящему изобретению;

на фиг. 6б представлен вид детали преобразователя, показанного на фиг. 6а;

на фиг. 7 представлен схематический вид в перспективе электрической обмотки электроакустического преобразователя, показанного на фиг. 6а.

На фигурах показана система обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях, целиком обозначаемая как 100.

Система 100 обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях содержит буровое долото 200 для бурения под землей, в которое согласно настоящему изобретению встроены один или несколько электроакустических преобразователей 10, 11, 12. Если присутствует только один электроакустический преобразователь 12, он предназначен для того, чтобы избирательно работать в качестве передатчика или приемника акустических волн в диапазоне частот 450-5000 Гц, предпочтительно 500-3000 Гц; в этом случае электроакустический преобразователь определяется как бифункциональный. Если присутствуют по меньшей мере два электроакустических преобразователя 10, 11, они предназначены для работы один как передатчик 10, а другой как приемник 11 акустических волн в диапазоне частот 450-5000 Гц, предпочтительно 500-3000 Гц.

В настоящем обсуждении рабочая полоса будет относиться к диапазону частот 450-5000 Гц или более предпочтительно диапазону частот 500-3000 Гц.

Таким образом можно идентифицировать неоднородности акустического отклика акустических преобразователей 10, 11, 12, обусловленные характеристиками пород (например, карстовые явления, разломы, чередование горных пород, глинистые слои, коллекторы, содержащие жидкость и/или газообразные углеводороды, соляные купола, базальты) или избыточное давление текучих сред пород.

Система 100 обнаружения, кроме того, содержит аналоговые управляющие электронные схемы, выполненные с возможностью управления электроакустическим преобразователем, который действует как передатчик, и аналоговые принимающие электронные схемы 111 для усиления и обработки сигнала, принимаемого от электроакустического преобразователя, действующего как приемник. Система 100 обнаружения также содержит блок 120 обработки и управления, например микропроцессор, связанный с аналоговыми управляющими 110 и принимающими 111 электронными схемами для управления процессом обнаружения. Блок 120 обработки и управления связан с блоком 121 хранения данных и получает электрическое питание от системы 122 электропитания, например, содержащей систему батарей. Блок 120 обработки и управления также снабжен интерфейсным модулем 123 для компоновки низа бурильной колонны или КНБК. Например, этот интерфейсный модуль 123 содержит электрические/электронные схемы, подходящие для связи с КНБК и, возможно, для приема подаваемой энергии от нее.

В настоящем описании в качестве примера будет сделана ссылка на сценарий применения, показанный на фиг. 1, в котором буровое долото 200 расположено близко к двум геологическим формациям 300, 301, расположенным последовательно вдоль направления продвижения бурового долота и разделенным границей раздела 302, расположенной на расстоянии d от бурового долота 200.

Каждый из электроакустических преобразователей 10, 11, 12 является осесимметричным и содержит основной трубчатый корпус 20 предпочтительно цилиндрической формы и предпочтительно из ферромагнитного материала, который проходит по длине в продольном направлении X; указанный основной трубчатый корпус 20 содержит первую концевую часть 21 и вторую концевую часть 22, расположенные друг напротив друга в продольном направлении.

Кроме того, основной трубчатый корпус 20 имеет внутри первую камеру 23, которая заканчивается первой концевой частью 21, и вторую камеру 24, на одной стороне смежную и сообщающуюся по текучей среде с первой камерой 23, а на другой стороне заканчивающуюся второй концевой частью 22.

Отделение, ограниченное внутри камерами 23, 24, может иметь любую форму, предпочтительно цилиндрическую.

Первая концевая часть 21 закрыта снаружи с помощью мембраны 26, прикрепленной к основному трубчатому корпусу 20.

Указанная мембрана 26 предпочтительно изготовлена из пружинной стали.

Вторая концевая часть 22 имеет одно или несколько отверстий 27, которые обеспечивают сообщение по текучей среде с внешней стороны основного трубчатого корпуса 20.

Первая камера 23 содержит в своих стенках множество электрических обмоток 25, расположенных последовательно между ними в продольном направлении X.

Предпочтительно, чтобы электрические обмотки 25 были выполнены с помощью металлических

колец предпочтительно из меди, разделенных изолирующим слоем, например изолирующей пленкой. Этот вариант осуществления электрических обмоток 25 является особенно предпочтительным, поскольку в нем используется электроакустический преобразователь в качестве передатчика акустического сигнала.

Электроакустический преобразователь 10 также содержит подвижный элемент 30, расположенный в первой камере 23; предпочтительно, чтобы указанный подвижный элемент 30 содержал некоторое количество постоянных магнитов 31, предпочтительно, но не обязательно цилиндрических, расположенных друг над другом. В частности, постоянные магниты 31 расположены с знакопеременной намагниченностью в продольном направлении X, уложены в стопку, отделены друг от друга дисками 32 из ферромагнитного материала и удерживаются вместе штифтом 33, пересекающим их, например, по центру, как показано на фиг. 1.

Предпочтительно, чтобы постоянные магниты 31 были из самариево-кобальтового сплава.

Предпочтительно, чтобы подвижный элемент 31 поддерживался на продольных концах пружины 40 парой предварительно нагруженных пружин 40 Бельвилля, как показано на фиг. 1. Каждая из этих пружин 40 прижата с одной стороны к подвижному элементу 31, а с другой стороны к внутренним стенкам первой камеры 23.

Предпочтительно, чтобы подвижный элемент 30 также соединялся с мембраной 26 посредством удлинительного элемента 27, соединенного с одной стороны с концом подвижного элемента 30, а с другой стороны с мембраной 26.

Электроакустический преобразователь 10 дополнительно содержит подвижный поршень 45, расположенный во второй концевой части 22.

Предпочтительно, чтобы вторая концевая часть 22 была соединена со втулкой 28, которая проходит внутрь второй камеры 24 для удлинения ее длины таким образом, чтобы ограничивать внутренний проход. В этом случае подвижный поршень 45 расположен в ограниченном внутреннем проходе.

Предпочтительно, чтобы вторая камера 24 была заполнена жидкостью, предпочтительно маслом.

Когда электрические обмотки 25 получают электрическое питание с помощью передаваемого сигнала, взаимодействие между переменным магнитным полем, создаваемым электрическими обмотками 25, и постоянными магнитами 31 подвижного элемента 30 вызывает колебательное перемещение подвижного элемента 30, которое воздействует на мембрану 26, заставляя ее вибрировать и тем самым вызывая акустические волны в текучей среде, окружающей электроакустический преобразователь 10, при контакте с самой мембраной 26. Смещения подвижного элемента 31 вызывают изменение давления во второй камере 24. Эти колебания давления компенсируются движением подвижного поршня 45, который может свободно перемещаться в зависимости от разницы давлений, которая может временно возникать между окружающей средой за пределами электроакустического преобразователя и второй камерой 24. Подвижный поршень 45 фактически уменьшает или увеличивает объем второй камеры 24, в которой содержится масло, обеспечивая компенсацию статического давления.

Эта компенсация давления, обеспечиваемая поршнем, преимущественно позволяет использовать электроакустический преобразователь 10 в критических условиях при высоких давлениях до примерно 700 бар.

Подвижный поршень 45 и вторая камера 24 имеют размеры, обеспечивающие компенсацию давления при передаче и приеме акустических сигналов во всем диапазоне частот, указанном выше, т.е. 450-5000 Гц, предпочтительно 500-3000 Гц.

В частности, вторая камера 24 имеет такие размеры, что система, состоящая из подвижного элемента 30, жидкости, содержащейся во второй камере 24, и подвижного поршня 45, имеет общие динамические характеристики, гарантирующие баланс внутреннего и внешнего давления, сохраняя разницу между двумя значениями давления близкой к нулю за пределами всего диапазона частот 450-5000 Гц при амплитуде смещения подвижного элемента 30 на несколько десятков микрометров.

Это поведение определяется передаточной функцией, которая определена между смещением подвижного элемента 30 и разницей давлений между внутри и снаружи электроакустического преобразователя 10. Передаточная функция зависит от объема второй камеры 24, от сечения той же камеры, от массы и диаметра подвижного поршня 45 и модуля упругости жидкости, заполняющей вторую камеру 24, обычно называемого модулем объемного сжатия.

Длина второй камеры 24 определяется как функция внутреннего сечения электроакустического преобразователя 10, т.е. внутреннего сечения первой камеры 23, как функции массы, диаметра подвижного поршня 45 и модуля объемного сжатия жидкости, заполняющей вторую камеру 24.

Поскольку этот последний параметр варьируется в зависимости от типа используемой жидкости, давления и температуры, размер должен разрабатываться с учетом наиболее критических ожидаемых условий. Подбор размеров осуществляется на основе динамической модели системы, описываемой следующими уравнениями:

$$m_p \ddot{x} + \beta_p \dot{x} + \beta_m \dot{x} + (k_m + k_p)x = F + P_1 A_p - P_{est} A_m$$

$$m_1 \ddot{y}_1 + \beta_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 = P_1 A_1 - P_{est} A_1$$

$$V_1 = V_{10} + A_m x + A_1 y_1$$

$$\frac{dV_1}{dt} = A_m \dot{x} + A_1 \dot{y}_1$$

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{\beta_{ol}}{V_1} \left(- \frac{dV_1}{dt} \right)$$

где F - сила, создаваемая преобразователем,
 x - перемещение подвижного элемента 30,
 y_1 - перемещение подвижного поршня 45,
 P_1 - давление второй камеры 24,
 P_{est} - внешнее давление,
 A_p - площадь поперечного сечения подвижного элемента 30,
 A_1 - площадь поперечного сечения подвижного поршня 45,
 A_m - площадь поперечного сечения мембраны 26,
 V_1-V_{10} - изменение объема второй камеры 24, возникающее из-за смещения оборудования и подвижных поршней,
 β_{ol} - модуль объемной упругости масла,
 β_m , β_1 и β_p - коэффициенты демпфирования мембраны 26, подвижного поршня 45 и подвижного элемента 30 соответственно,
 m_p и m_1 - массы подвижного элемента 30 и подвижного поршня 45 соответственно,
 k_m , k_p и k_1 - жесткости мембраны 26, подвижного элемента 30 и подвижного поршня 45 соответственно.

В качестве примера для работы при температуре 200°C и давлении 700 бар была определена следующая конфигурация:

диаметр мембраны 26=9,6 мм;
 диаметр второй камеры 24=8 мм;
 длина второй камеры 24=25,5 мм;
 сечение подвижного поршня 45=6 мм;
 масса подвижного поршня 45=0,9 г;
 модуль упругости масла $1 < \beta < 2,5$ Гпа.

Кроме того, снова в качестве примера, чтобы максимизировать передаваемую мощность и чувствительность электроакустического преобразователя 10 в диапазоне 500-3000 Гц, эквивалентные жесткости пар пружин Бельвилля должны составлять

3,5 кН/мм для электроакустического преобразователя, предназначенного для использования в качестве передатчика;

0,4 кН/мм для электроакустического преобразователя, предназначенного для использования в качестве приемника.

Электроакустический преобразователь 10, предназначенный для использования в качестве передатчика, предназначен для работы, например, в установившемся режиме в указанных выше диапазонах, гарантируя акустическую мощность приблизительно действенную 20 мВт.

Предпочтительно, чтобы электроакустический преобразователь 10, предназначенный для использования в качестве приемника, был спроектирован так, чтобы гарантировать чувствительность преобразования 20 Вс/м.

Предпочтительно, чтобы буровое долото 200 относилось к типу PDC (поликристаллический алмазный композит), как показано на фиг. 3а и 3б. Буровое долото 200 PDC-типа имеет множество выступов 201, снабженных алмазными режущими элементами 202, и центральную часть, где есть отверстия 203 для прохождения бурового раствора.

Один или несколько электроакустических преобразователей 10, 11, 12 размещены в специальных отсеках, выполненных в буровом долоте 200; это влечет за собой ряд ограничений на размер электроакустических преобразователей 10, 11, 12, которые должны иметь диаметр порядка нескольких сантиметров.

В частности, если буровое долото 200 относится к PDC типу, отсеки корпуса для электроакустических преобразователей 10, 11, 12 выполнены в пространстве между выступами, минуя центральную часть; пространство между выступами может иметь диаметр, например, от 0,5 до 1 дюйма.

В возможном варианте осуществления настоящего изобретения пара электроакустических преобразователей 10, 11, выполненных с возможностью работы в качестве приемника и передатчика, размещена в двух отдельных отсеках бурового долота 200. В варианте осуществления, показанном на фиг. 3а и 3б, отсеки корпуса электроакустических преобразователей расположены на расстоянии не более 7 см между выступами 201 с алмазными режущими элементами 202, так что поток бурового раствора допускается к отверстиям 203.

В альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 4, пара электроакустических преобразователей 10, 11, выполненных с возможностью работы в качестве приемника и передатчика, размещена в одном отсеке предпочтительно с диаметром не более 7 см.

В другом альтернативном варианте осуществления буровое долото 200 содержит один или несколько бифункциональных электроакустических преобразователей 12, связанных с аналоговыми управляющими и принимающими электронными схемами, чтобы работать поочередно как передатчик и приемник. Если пара бифункциональных электроакустических преобразователей 12 размещена в буровом долоте 200, суммарная надежность системы обнаружения повышается.

Система 100 обнаружения по настоящему изобретению реализует способ обнаружения для обнаружения скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях.

Этот способ обнаружения включает в себя две фазы обнаружения; первая фаза обнаружения обеспечивает начальную фазу, на которой электроакустический преобразователь 10, действующий как передатчик ТХ, генерирует первую акустическую волну для обнаружения возможного присутствия любой границы раздела в формации литологического типа и/или из-за состояния давления в порах.

Следовательно, на этой фазе электроакустический преобразователь 10 приводится в действие блоком 120 обработки и управления и соответствующей аналоговой управляющей электронной схемой 110 посредством управляющего сигнала, который может быть, например,

импульсом с основной частотой с центром в рабочем диапазоне (например, 3 синусоидальных цикла);

частотно-модулированной непрерывной синусоидой (не менее 100 периодов), например, с линейным нарастанием (ЛЧМ-импульс).

После передачи принимается отраженный сигнал этой первой акустической волны, который генерируется по меньшей мере одной границей раздела из-за перехода от первой геологической формации ко второй, расположенных последовательно вдоль направления излучения электроакустического преобразователя 10-передатчика.

После приема отраженного сигнала блок 120 обработки и управления вычисляет время прохождения туда и обратно волны сжатия, которая является самой быстрой и, следовательно, первой достигает электроакустического преобразователя 11, действующего как приемник, следующими примерными способами:

путем поиска пика взаимной корреляции между переданным и принятым сигналами; или

путем идентификации частоты биений наложения в период между переданным и принятым сигналами.

Выбор частотно-модулированной непрерывной синусоиды в качестве управляющего сигнала электроакустического преобразователя 10, действующего как передатчик, имеет следующие преимущества:

цифровая обработка, которая как таковая известна в данной области техники, включает в себя наложение переданного управляющего сигнала и принятого сигнала, фильтрацию нижних частот для удаления спектральных компонентов с центром на "суммированных" частотах и связь по переменному току для уменьшения возможного компонента перекрестных помех, может быть реализована аналогично аналоговой принимающей электронной схемой 111; тем самым

в случае "оглушения" электроакустического преобразователя 11, действующего как приемник (перекрестные помехи), т.е. в случае, когда электроакустический преобразователь-передатчик находится очень близко к преобразователю-электроакустическому приемнику, а последний принимает вместе с сигналом, отраженным формацией, также сигнал, передаваемый передатчиком, нет ухудшения в разрешающей способности полезного сигнала до цифрового сбора данных, выполняемого блоком обработки и управления, поскольку дискретизация выполняется после преобразования аналогового сигнала;

при одинаковой глубине границы раздела отношение сигнал/шум в приемнике больше, поскольку полезная полоса сигнала ниже и, следовательно, ниже мощность шума;

при равной передаваемой энергии мощность передачи ниже и, следовательно, ниже требуемое напряжение возбуждения.

Однако этот выбор в пользу непрерывного управляющего сигнала несовместим с вариантом осуществления, показанным на фиг. 5, поскольку интервалы передачи и приема почти совпадают.

После определения времени прохождения волны туда и обратно блок 120 обработки и управления вычисляет расстояние d между буровым долотом 200 и границей раздела исходя из времени прохождения волны туда и обратно и скорости сжатия в слое, который пройден. Значение скорости сжатия может быть уже известно и получено с помощью наземной сейсмологии и, возможно, может быть подтверждено и уточнено с помощью акустического каротажа с помощью традиционного каротажного инструмента во время КВБ. Если, однако, он недоступен, можно оценить скорость, повторив измерение, описанное выше, после прохода, по меньшей мере, расстояния, равного разрешающей способности измерения.

Разрешение измерения зависит от полосы В передаваемого сигнала и скорости распространения волны сжатия в геологической формации $cP1$:

$$\text{res} = \frac{c_{p1}}{2B}$$

если В порядка нескольких кГц и сР1 в диапазоне 3-6 км/с, наилучшее разрешение составляет порядка метра.

После первой фазы обнаружения начинается вторая фаза обнаружения, которая предусматривает, что электроакустический преобразователь 10, действующий как передатчик, генерирует вторую акустическую волну, чтобы различить, вызвана ли аномалия, обнаруженная на первой фазе обнаружения, литологическим изменением или аномальным поровым давлением. Возможное наличие ненормального давления во второй формации влечет за собой определенный эффект ослабления/рассеяния, который может отображаться, например, в следующих передаточных функциях:

электрический импеданс $Z(f)$ электроакустического преобразователя 10, действующего как передатчик;

частотная характеристика $H(f)$ системы, состоящей из цепочки следующих подсистем: электроакустический преобразователь 10, действующий как передатчик, - геологическая формация - электроакустический преобразователь 20, действующий как приемник.

Таким образом, на этой второй фазе обнаружения электроакустический преобразователь-передатчик 10 приводится в действие блоком 120 обработки и управления и соответствующей аналоговой управляющей электронной схемой 110 посредством управляющего сигнала, который может быть, например

набором дискретных тонов (длительностью не менее 100 циклов для достижения стационарного режима), частоты которых покрывают рабочую полосу с достаточно малым шагом F (например, 10 Гц); или

Гауссовским белым шумом (продолжительностью несколько секунд), соответствующим образом отфильтрованным в рабочей полосе (полосовая фильтрация).

После передачи принимается отраженный сигнал этой второй акустической волны, который генерируется по меньшей мере одной границей раздела неоднородностей из-за перехода от первой геологической формации ко второй, расположенных последовательно вдоль направления излучения электроакустического преобразователя 10-передатчика.

После приема блок 120 обработки и управления вычисляет вышеупомянутые передаточные функции и оценивает поровое давление на основе этих передаточных функций используя по меньшей мере два типа подходов, как таковые известные в данной области техники:

подход, основанный на подходящей физической модели, которая связывает поровое давление во второй формации с передаточными функциями, описанными выше;

подход к распознаванию образов, основанный на "контролируемом" алгоритме классификации для распознавания "форм импульса" в передаточных функциях, указанных выше, благодаря поровому давлению в формации 2, таких как, например, некоторые пиковые частоты как в модуле, так и в фазе.

Поскольку вторая фаза обнаружения основана на схеме измерения непрерывной волны (неимпульсной), она несовместима с вариантом осуществления, показанным на фиг. 5, поскольку интервалы передачи и приема почти совпадают.

Из приведенного описания очевидны характеристики объекта системы обнаружения настоящего изобретения, а также относительные преимущества.

Наконец, ясно, что созданная таким образом система обнаружения может подвергаться многочисленным модификациям и изменениям, каждое из которых находится в пределах объема изобретения; кроме того, все детали могут быть заменены технически равноценными элементами. На практике используемые материалы, а также их размеры могут быть любыми в соответствии с техническими требованиями.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (100) для обнаружения перепадов порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях, содержащая

буровое долото (200) для бурения грунта, в которое встроены один или несколько электроакустических преобразователей (10, 11, 12), выполненных с возможностью работы в качестве передатчика и/или приемника;

аналоговые управляющие электронные схемы (110), выполненные с возможностью управления электроакустическим преобразователем, который действует как передатчик (10), и аналоговые принимающие электронные схемы (111) для усиления и обработки сигнала, принимаемого от электроакустического преобразователя, действующего как приемник (11);

блок (120) обработки и управления, связанный с аналоговыми управляющими (110) и принимающими (111) электронными схемами, причем указанный блок (120) обработки и управления связан с блоком (121) хранения данных и получает электрическое питание от системы (122) электропитания, при этом указанный блок (120) обработки и управления выполнен с возможностью генерации управляющих

сигналов, которые должны быть отправлены на электроакустический преобразователь, действующий как передатчик (10), посредством указанных аналоговых управляющих электронных схем (110) для сбора сигналов, принятых от электроакустического преобразователя, действующего как приемник (11), посредством указанных аналоговых принимающих электронных схем (111) и для обработки указанных принятых сигналов, для того чтобы определить наличие скачков порового давления на границах разделов и/или аномалий в геологических формациях,

отличающаяся тем, что каждый из указанных электроакустических преобразователей (10, 11, 12) выполнен с возможностью контакта с текучей средой, находящейся под давлением, и содержит

трубчатый корпус (20), который проходит по длине в продольном направлении X, причем указанный трубчатый корпус (20) содержит первую концевую часть (21) и вторую концевую часть (22), расположенные друг напротив друга в продольном направлении, причем указанный трубчатый корпус (20) имеет внутри первую камеру (23), которая заканчивается первой концевой частью (21), и вторую камеру (24), на одной стороне смежную и сообщающуюся по текучей среде с указанной первой камерой (23) и на другой стороне оканчивающуюся указанной второй концевой частью (22), указанная первая концевая часть (21) закрыта снаружи посредством мембраны (26), прикрепленной к указанному трубчатому корпусу (20), указанная вторая концевая часть (22) имеет одно или несколько отверстий (27), которые обеспечивают сообщение по текучей среде с внешней стороны указанного трубчатого корпуса (20), причем указанная первая камера (23) содержит в своих стенках множество электрических обмоток (25), расположенных последовательно между ними в продольном направлении X, а указанная вторая камера (24) заполнена жидкостью;

подвижный элемент (30), размещенный в указанной первой камере (23), причем указанный подвижный элемент (30) содержит множество постоянных магнитов (31), скомпонованных и расположенных один над другим с знакопеременной намагниченностью в продольном направлении X и отделенных друг от друга дисками из ферромагнитного материала, причем указанный подвижный элемент (31) поддерживается на продольных концах пружинами (40), при этом указанный подвижный элемент (30) также соединен с указанной мембраной (26);

подвижный поршень (45), расположенный и скользящий во второй концевой части (22).

2. Система (100) обнаружения по п.1, в которой указанные электрические обмотки (25) выполнены из металлических колец, разделенных изолирующим слоем.

3. Система (100) обнаружения по п.1 или 2, в которой указанный подвижный элемент (30) соединен с указанной мембраной (26) посредством удлинительного элемента (27), соединенного с одной стороны с концом подвижного элемента (30), а с другой стороны с мембраной (26).

4. Система (100) обнаружения по одному из предшествующих пунктов, в которой указанные пружины (40) представляют собой пару предварительно нагруженных пружин (40) Бельвилля.

5. Система (100) обнаружения по одному из предшествующих пунктов, в которой указанный второй концевой участок (22) соединен со втулкой (28), которая проходит внутрь второй камеры (24) для удлинения ее длины, таким образом, чтобы ограничить внутренний проход, при этом указанный подвижный поршень (45) расположен в ограниченном внутреннем проходе.

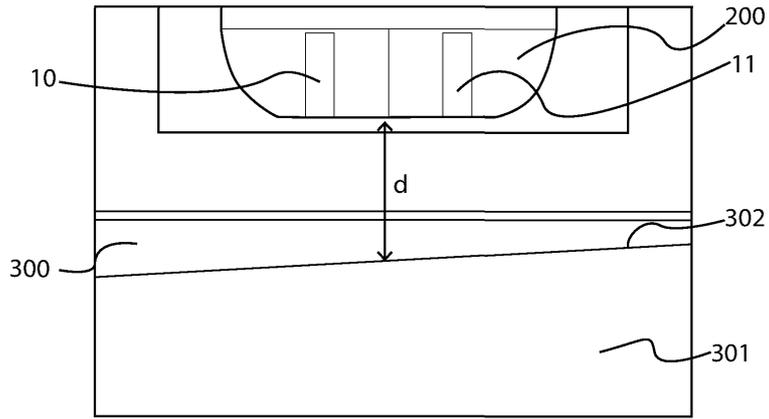
6. Система (100) обнаружения по одному из предшествующих пунктов, в которой указанный подвижный поршень (45) и указанная вторая камера (24) имеют размеры, обеспечивающие компенсацию давления, когда акустические сигналы передаются или принимаются в диапазоне частот 450-5000 Гц, предпочтительно в диапазоне частот 500-3000 Гц.

7. Система (100) обнаружения по одному из предшествующих пунктов, в которой пара указанных электроакустических преобразователей (10, 11), выполненных с возможностью работы в качестве приемника и передатчика, размещена в двух отдельных отсеках бурового долота (200).

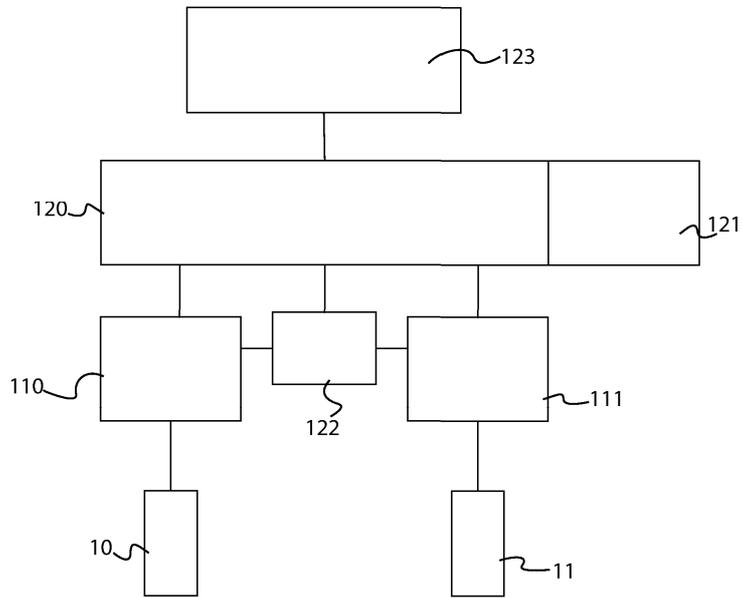
8. Система (100) обнаружения по одному из пп.1-6, в которой пара электроакустических преобразователей (10, 11), выполненных с возможностью работы в качестве приемника и передатчика, размещена в единственном отсеке бурового долота (200).

9. Система (100) обнаружения по одному из пп.1-6, в которой указанные один или несколько электроакустических преобразователей относятся к бифункциональному типу (12), т.е. они выполнены с возможностью работы поочередно как передатчик и приемник.

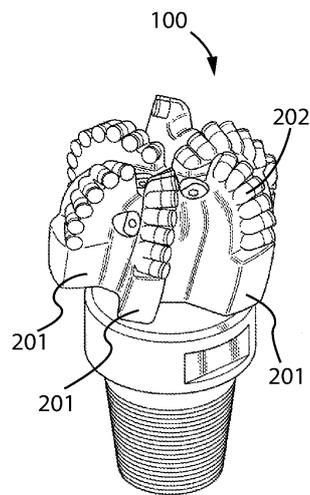
10. Система (100) обнаружения по п.9, в которой пара указанных бифункциональных электроакустических преобразователей (12) размещена в одном или нескольких отсеках бурового долота (200).



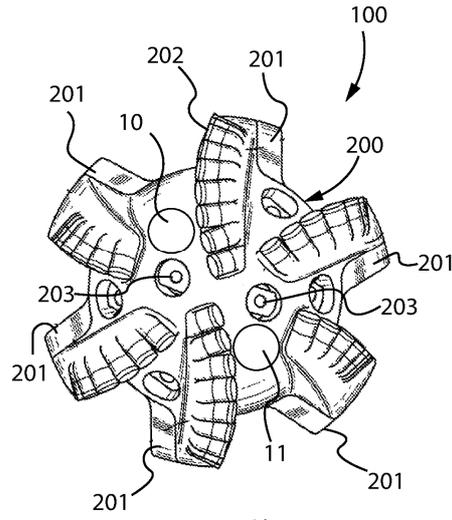
Фиг. 1



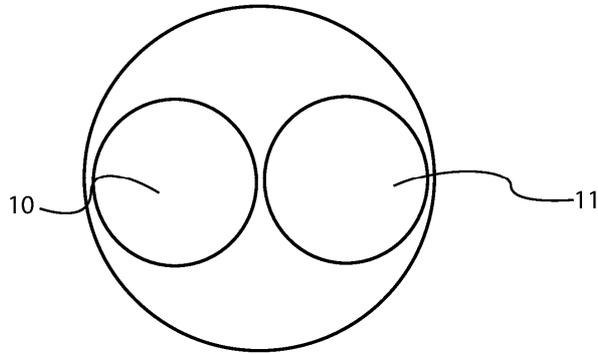
Фиг. 2



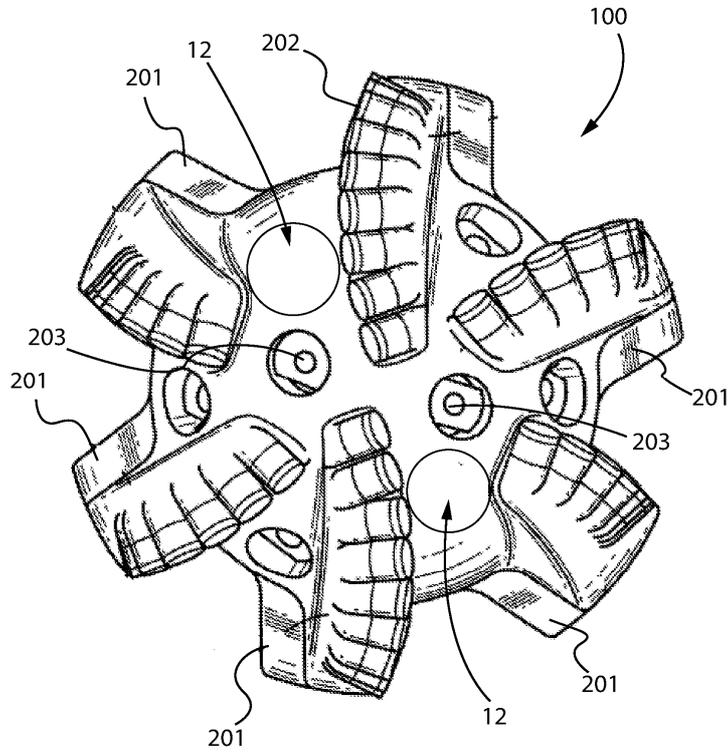
Фиг. 3а



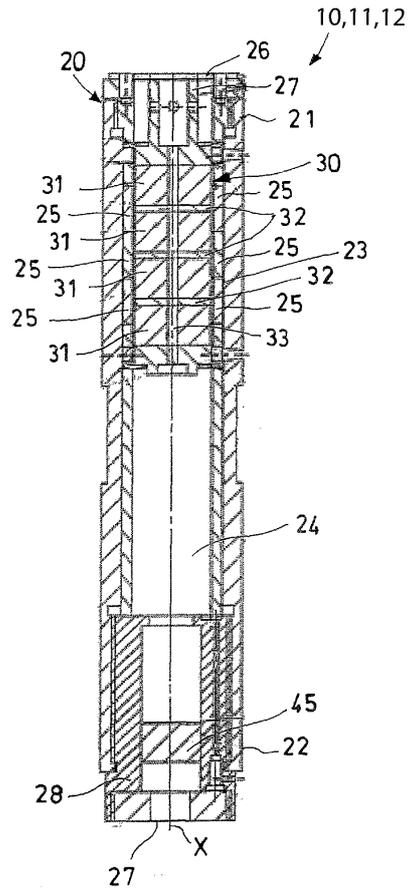
Фиг. 3b



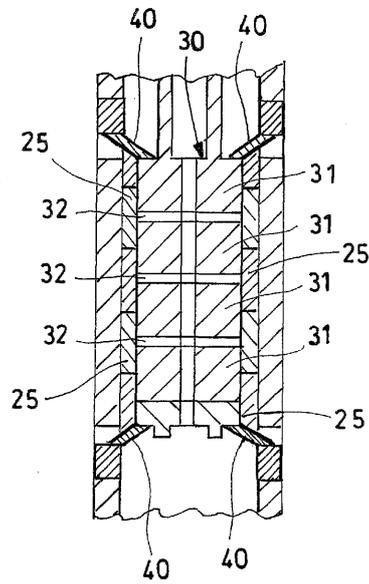
Фиг. 4



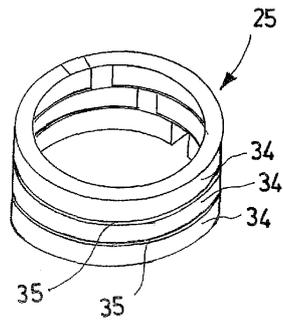
Фиг. 5



Фиг. 6а



Фиг. 6б



Фиг. 7

