

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041839**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- |   |   |
|---|---|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента<br/><b>2022.12.08</b></p> <p>(21) Номер заявки<br/><b>202192307</b></p> <p>(22) Дата подачи заявки<br/><b>2020.03.19</b></p> | <p>(51) Int. Cl. <b>G01V 11/00</b> (2006.01)<br/><b>E21B 47/18</b> (2012.01)<br/><b>E21B 47/14</b> (2006.01)<br/><b>H04B 11/00</b> (2006.01)<br/><b>G10K 9/13</b> (2006.01)</p> |
|---|---|

**(54) ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ**

- |   |   |
|---|---|
| <p>(31) <b>102019000004215</b></p> <p>(32) <b>2019.03.22</b></p> <p>(33) <b>IT</b></p> <p>(43) <b>2021.12.20</b></p> <p>(86) <b>PCT/IB2020/052527</b></p> <p>(87) <b>WO 2020/194143 2020.10.01</b></p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:<br/><b>ЭНИ С.П.А. (IT)</b></p> <p>(72) Изобретатель:<br/><b>Карминати Стефано, Зампато<br/>Массимо, Мауро Стефано, Галуцци<br/>Ренато (IT)</b></p> <p>(74) Представитель:<br/><b>Медведев В.Н. (RU)</b></p> | <p>(56) <b>US-A1-2012051188</b><br/><b>US-A-5283768</b><br/><b>US-A-5615172</b><br/><b>US-A-5459697</b><br/><b>US-A1-2016326869</b></p> |
|---|---|

- (57) Электроакустический преобразователь (10), приспособленный для нахождения в контакте с флюидом под давлением, содержащий трубчатый корпус (20), который продолжается по длине в продольном направлении X, при этом трубчатый корпус (20) содержит первый концевой участок (21) и второй концевой участок (22), противоположные друг другу в продольном направлении, трубчатый корпус (20) имеет внутри первую камеру (23), которая заканчивается вместе с первым концевым участком (21), и вторую камеру (24), на одной стороне прилегающую к первой камере (23) и находящуюся с ней в сообщении по флюиду и на другой стороне заканчивающуюся вместе с вторым концевым участком (22), при этом первый концевой участок (21) закрыт относительно наружной стороны мембраной (26), наложенной на трубчатый корпус (20), второй концевой участок (22) имеет одно или несколько отверстий (27), которые включают в сообщение по флюиду с наружной стороны трубчатого корпуса (20), первая камера (23) содержит на стенках множество электрических обмоток (25), расположенных последовательно друг за другом в продольном направлении X, вторая камера (24) заполнена жидкостью; подвижный элемент (30), размещенный в первой камере (23), при этом подвижный элемент (30) содержит множество постоянных магнитов (31), объединенных в группу и расположенных друг над другом с чередованием намагниченности в продольном направлении X, и отделенных друг от друга дисками из ферромагнитного материала, подвижный элемент (30) поддерживается на продольных концах пружинами (40), при этом подвижный элемент (30) также соединен с мембраной (26); подвижный поршень (45), расположенный и скользящий на втором концевом участке (22).

**041839**  
**B1**

**041839**  
**B1**

Изобретение относится к электроакустическому преобразователю, особенно, но не исключительно, пригодному к использованию в нефтяной отрасли.

При бурении нефтяных скважин во все большей степени требуется управление операциями для минимизации затрат, времени и рисков. Это трансформируется в увеличение объема оборудования, присутствующего в головной части бурового комплекта (бурильных труб и бурового долота), так называемой компоновки низа бурильной колонны, в соответствии с которым в дополнение к типичному оборудованию для мониторинга параметров бурения (измерений в процессе бурения - MWD) также размещают оборудование для оценивания пласта, операции, которую выполняют специализированными приборами, спускаемыми в скважину на кабеле (инструментальном тросе) после прекращения бурения.

В нефтяной промышленности на протяжении длительного времени известно использование способов геофизического анализа, основанных на интерпретации сигнала, выделенного из отражения акустических волн, и способов передачи измеренных данных на поверхность через буровой раствор для мониторинга хода бурения и состояния скважины при добыче. В случае геофизического анализа многочисленных технических решения для излучения сейсмических волн включают в себя использование гидравлических исполнительных механизмов, которые перемещают поршень по гидравлическим линиям, управляемым сервоклапанами. Пример преобразовательного устройства согласно предшествующему уровню техники представлен в документе US 4702343, в котором описано устройство для генерирования сейсмических волн для геологических исследований.

Для телеметрических применений излучение акустических волн обеспечивается исполнительными механизмами электродинамического типа. Такие устройства обычно способны генерировать волны давления путем модуляции потока бурового раствора через сервоклапаны.

В документе US 20160146001A1 описано так называемое электродинамическое устройство для рабочего подвижного элемента, который устанавливает клапан в открытое и закрытое положения.

В документе US 20170167252A1 показан исполнительный механизм для телеметрического устройства типа генератора импульсов давления в столбе бурового раствора, который содержит соленоидный сервоклапан.

При обоих применениях эти устройства характеризуются относительно большими размерами, а диапазон частот, в котором они работают, ограничен временем реакции существующих сервоклапанов. Кроме того, эти устройства обычно имеют довольно высокое энергопотребление, что требует подключения к системе энергоснабжения, и это приводит к повышению сложности монтажа оборудования на больших глубинах; наконец, упомянутые выше устройства не рассчитаны на работу при высоких давлениях, которые являются типичными для рабочей зоны в забое скважины.

В документе US 5247490A описан акустооптический датчик, который компенсирован по давлению для работы в условиях высокого давления, таких как условия на морском дне.

В любом случае увеличение объема оборудования и скорости проходки приводит к повышению требований к количеству передаваемых данных (при однонаправленной передаче из забоя скважины на поверхность) или данных при обмене (при двунаправленной передаче между забоем скважины и поверхностью) в единицу времени при мониторинге хода бурения.

В настоящее время известны различные системы для двунаправленной передачи в забой скважины и из забоя скважины, более конкретно с оборудования и к оборудованию забоя скважины, в дальнейшем называемому "скважинными инструментами". В основном существующие системы основаны на передаче сигналов акустических или упругих волн или электрических или электромагнитных сигналов.

В той части, которая касается передачи акустических сигналов, известна технология "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора", которая основана на передаче импульсов давления через буровой раствор, имеющийся в скважине в течение всех операций бурения.

Кроме того, известно использование распространения упругих волн в металле бурильных труб, которые составляют буровой комплект.

В той части, которая касается передачи электромагнитных сигналов, известна так называемая технология "снабженной проводом трубы", в соответствии с которой сигналы передаются по электрическим проводам, помещенным в бурильные трубы.

Кроме того, известна технология беспроводной телеметрии, в соответствии с которой электромагнитные сигналы передаются через буровой раствор при использовании ретрансляторов на всем протяжении бурового комплекта для перемещения сигналов на поверхность и с поверхности или через грунт в районе бурения.

Каждая из этих технологий имеет несколько недостатков.

Фактически, технология "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора" ограничена в отношении частоты и поэтому скорости передачи, а также надежности, поскольку может быть необходимо передавать один и тот же сигнал несколько раз до момента точного приема. Пропускная способность передачи этой технологии зависит от характеристик бурового раствора и скорости потока этого раствора.

Применение технологии "снабженной проводом трубы" влечет за собой очень большие затраты, поскольку снабженные проводом бурильные трубы являются очень дорогими; более того, аналогично

технологии "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора", всякий раз, когда необходимо добавить бурильную трубу к бурильной колонне, приходится прерывать проводное соединение и тем самым нарушать двунаправленную связь с забоем скважины в течение этих операций.

Технология, основанная на прохождении упругих волн в металле бурильной колонны, влечет за собой наличие потенциальных ошибок при передаче вследствие рабочего шума при бурении долотом или отклонения скважины от вертикали.

Технология, основанная на распространении электромагнитных волн через грунт, влечет за собой очень низкую скорость передачи (эквивалентную скорости передачи при использовании "технологии генератора импульсов давления в столбе бурового раствора") вследствие низких частот, используемых для покрытия дальности передачи порядка километров, и проблемы надежности вследствие пересечения нескольких слоев пласта с разными характеристиками распространения электромагнитных волн.

Задача настоящего изобретения заключается в создании электроакустического преобразователя с уменьшенными размерами и способного работать в более широком диапазоне частот, чем электроакустические преобразователи из предшествующего уровня техники.

Еще одна задача настоящего изобретения заключается в создании двунаправленной системы передачи данных в скважине для добычи пластовых флюидов, которая является простой, надежной и недорогой.

Эти и другие задачи согласно настоящему изобретению решаются путем реализации электроакустического преобразователя, описанного в п.1 формулы изобретения, и двунаправленной системы передачи данных, показанной в п.7 формулы изобретения.

Дополнительные характеристики электроакустического преобразователя и двунаправленной системы передачи данных представлены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Особенности и преимущества электроакустического преобразователя и двунаправленной системы передачи данных согласно настоящему изобретению станут более очевидными из последующего описания, которое следует понимать как примерное и не ограничивающее, при обращении к схематичным приложенным чертежам, на которых

фиг. 1а - разрез электроакустического преобразователя согласно настоящему изобретению;

фиг. 1б - вид отдельной части преобразователя из фиг. 1а;

фиг. 2 - схематичное перспективное изображение электрической обмотки, имеющейся в электроакустическом преобразователе из фиг. 1;

фиг. 3 - схематичный вид буровой установки для добычи углеводородов, содержащей двунаправленную систему передачи данных согласно настоящему изобретению;

фиг. 4а - схематичный вид сверху бурильной трубы из фиг. 3 согласно первому варианту осуществления, которая является частью двунаправленной системы передачи данных;

фиг. 4б - схематичный разрез бурильной трубы из фиг. 4а по линии IV-IV;

фиг. 5а - схематичный вид сверху бурильной трубы из фиг. 3 согласно второму варианту осуществления, которая является частью двунаправленной системы передачи данных; и

фиг. 5б - схематичный разрез бурильной трубы из фиг. 5а по линии V-V.

Что касается чертежей, то на них показан электроакустический преобразователь, в целом обозначенный позицией 10. В частности, этот электроакустический преобразователь 10 предназначен для нахождения в контакте с флюидом под давлением, через который акустические сигналы принимаются или передаются. Кроме того, электроакустический преобразователь 10 рассчитан на работу в качестве передатчика или приемника акустических волн в диапазоне частот 450-5000 Гц, предпочтительно в диапазоне частот 500-3000 Гц.

Электроакустический преобразователь 10 является осесимметричным и содержит основной трубчатый корпус 20, предпочтительно цилиндрической формы и предпочтительно из ферромагнитного материала, который продолжается по длине в продольном направлении X; этот основной цилиндрический корпус 20 содержит первый концевой участок 21 и второй концевой участок 22, противоположные друг другу в продольном направлении.

Кроме того, основной трубчатый корпус 20 имеет внутри первую камеру 23, которая заканчивается вместе с первым концевым участком 21, и вторую камеру 24, на одной стороне прилегающую к первой камере 23 и находящуюся с ней в сообщении по флюиду, и на другой стороне заканчивающуюся вместе с вторым концевым участком 22.

По сути дела отсек, задаваемый камерами 23, 24, может быть любой формы, предпочтительно, чтобы он имел цилиндрическую форму.

Первый концевой участок 21 закрыт относительно наружной стороны мембраной 26, наложенной на основной трубчатый корпус 20.

Предпочтительно, чтобы мембрана 26 была выполнена из пружинной стали.

Второй концевой участок 22 имеет одно или несколько отверстий 27, которых включают в сообщение по флюиду с наружной стороны основного трубчатого корпуса 20.

Первая камера 23 содержит на стенках множество электрических обмоток 25, расположенных последовательно друг за другом в продольном направлении X.

Предпочтительно, чтобы электрические обмотки 25 были выполнены из металлических колец, предпочтительно из меди, разделенных изолирующими слоями, например изолирующими пленками. Этот вариант осуществления электрических обмоток 25 является особенно предпочтительным при использовании электроакустического преобразователя в качестве передатчика акустических сигналов.

Кроме того, электроакустический преобразователь 10 содержит подвижный элемент 30, размещенный в первой камере 23; с достижением преимущества этот подвижный элемент 30 содержит множество постоянных магнитов 31, предпочтительно, но не обязательно, цилиндрических, объединенных в группу, расположенных друг над другом. В частности, постоянные магниты 31 расположены с чередованием намагниченности в продольном направлении X, сложены в стопку, и отделены друг от друга дисками 32 из ферромагнитного материала, и совместно удерживаются штырем 33, который, например, пересекает их посередине, как показано на фиг. 1.

Предпочтительно, чтобы постоянные магниты 31 были самариево-кобальтовыми.

Подвижный элемент 30 поддерживается на продольных концах пружинами 40, предпочтительно парой предварительно напряженных тарельчатых пружин, показанных на фиг. 1. Каждая из этих пружин 40 ограничена на одной стороне подвижным элементом 30 и на другой стороне внутренними стенками первой камеры 23.

Кроме того, подвижный элемент 30 с достижением преимущества соединен с мембраной 26, предпочтительно посредством удлинительного элемента 27, связанного на одной стороне с концом подвижного элемента 30 и на другой стороне с мембраной 26.

Кроме того, электроакустический преобразователь 10 содержит подвижный поршень 45, расположенный на втором концевом участке 22.

Предпочтительно, чтобы второй концевой участок 22 был связан с гильзой 28, которая продолжается внутрь второй камеры 24 для разделения на участки ее длины таким образом, что гильза ограничивает внутренний проход. В этом случае подвижный поршень 45 расположен в узком внутреннем проходе.

Вторая камера 24 заполнена жидкостью, предпочтительно маслом.

Когда электрические обмотки 25 снабжаются электрической энергией за счет сигнала, подлежащего передаче, вследствие взаимодействия переменного магнитного поля, генерируемого электрическими обмотками 25, и постоянных магнитов 31 подвижного элемента 30 наводится осциллирующее перемещение подвижного элемента 30, которое воздействует на мембрану 26, побуждая ее вибрировать, и тем самым создаются акустические волны во флюиде, окружающем электроакустический преобразователь 10, находящийся в контакте с мембраной 26. Перемещения подвижного элемента 30 вызывают изменения давления внутри второй камеры 24. Эти изменения давления компенсируются перемещением подвижного поршня 45, который свободно перемещается в соответствии с разностью давлений, которая может временно возникать между окружающей средой с наружной стороны электроакустического преобразователя и второй камерой 24. Фактически, подвижный поршень 45 снижает или повышает объем второй камеры 24, в которой содержится масло, и поэтому достигается компенсация статического давления.

Эта компенсация давления, выполняемая поршнем, позволяет успешно использовать электроакустический преобразователь 10 в критических окружающих условиях при высоких давлениях до около 700 бар (70 МПа).

Подвижный поршень 45 и вторая камера 24 подобраны по размерам, что делает возможной компенсацию давления, когда акустические сигналы передаются и принимаются во всем диапазоне частот, определенном выше, то есть 450-5000 Гц, предпочтительно 500-3000 Гц.

В частности, вторая камера 24 подобрана по размеру таким образом, что система, состоящая из подвижного элемента 30, жидкости, содержащейся внутри второй камеры 24, и подвижного поршня 45, имеет такую общую динамическую характеристику, что гарантируются равновесие внутреннего и внешнего давлений, удержание разности между значениями двух давлений близким к нулю за пределами всего диапазона частот 450-5000 Гц на фоне полного размаха перемещения подвижного элемента 30 на несколько десятков микрометров.

Эта характеристика определяется передаточной функцией, которая устанавливается между перемещением подвижного элемента 30 и разностью давлений между внутренним пространством и наружной стороной электроакустического преобразователя 10. Передаточная функция зависит от объема второй камеры 24, от сечения этой же камеры, от массы и диаметра подвижного поршня 45 и от модуля упругости жидкости, которая заполняет вторую камеру 24, обычно называемого объемным модулем.

Длина второй камеры 24 определяется как функция внутреннего участка электроакустического преобразователя 10, то есть внутреннего участка первой камеры 23, как функция массы, диаметра подвижного поршня 45 и объемного модуля жидкости, которая заполняет вторую камеру 24.

Поскольку этот последний параметр изменяется в зависимости от вида используемой жидкости, давления и температуры, подбор размеров должен проводиться с учетом наиболее критических ожидаемых условий. Подбор размеров выполняется 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, которая создается преобразователем,  
 x - перемещение подвижного элемента 30,  
 y<sub>1</sub> - перемещение подвижного поршня 45,  
 P<sub>1</sub> - давление во второй камере 24,  
 P<sub>est</sub> - внешнее давление,  
 A<sub>p</sub> - площадь поперечного сечения подвижного элемента 30,  
 A<sub>1</sub> - площадь поперечного сечения подвижного поршня 45,  
 A<sub>m</sub> - площадь поперечного сечения мембраны 26,  
 V<sub>1</sub>-V<sub>10</sub> - изменение объема второй камеры 24 вследствие перемещения соединительных элементов и подвижного поршня,  
 β<sub>ol</sub> - коэффициент сжимаемости масла,  
 β<sub>m</sub>, β<sub>1</sub> и β<sub>p</sub> - коэффициенты демпфирования мембраны 26, подвижного поршня 45 и подвижного элемента 30, соответственно,  
 m<sub>p</sub> и m<sub>1</sub> - массы подвижного элемента 30 и подвижного поршня 45, соответственно,  
 k<sub>m</sub>, k<sub>p</sub> и k<sub>1</sub> - жесткости мембраны 26, подвижного элемента 30 и подвижного поршня 45, соответственно.

Например, для работы при температуре 200°C и давлении 700 бар (70 МПа) определена следующая конфигурация: диаметр мембраны 26 составляет 9,6 мм; диаметр второй камеры 24 составляет 8 мм; длина второй камеры 24 составляет 25,5 мм; участок подвижного поршня 45 составляет 6 мм; масса подвижного поршня 45 составляет 0,9 г; модуль упругости масла 1<β<2,5 ГПа.

Кроме того, и в этом случае для примера, для максимизации передаваемой мощности и чувствительности электроакустического преобразователя 10 в диапазоне 500-3000 Гц эквивалентные жесткости пар тарельчатых пружин должны быть 3,5 кН/мм для электроакустического преобразователя, предназначенного для использования в качестве передатчика, и 0,4 кН/мм для электроакустического преобразователя, предназначенного для использования в качестве приемника.

Например, электроакустический преобразователь 10, предназначенный для использования в качестве передатчика, рассчитывают на работу в установившемся состоянии в диапазонах, определенных выше, с гарантированной эффективной акустической мощностью приблизительно 20 МВт.

Электроакустический преобразователь 10, предназначенный для использования в качестве приемника, предпочтительно проектировать так, чтобы гарантировалась чувствительность преобразования 20 В·с/м.

Двунаправленная система передачи данных согласно настоящему изобретению будет описана ниже.

Эта двунаправленная система передачи данных является особенно пригодной для использования в скважине для добычи пластовых флюидов, например в нефтяной скважине.

Кроме того, двунаправленная система передачи данных может быть использована как на этапе бурения, так и на этапе добычи; поэтому двунаправленная система передачи данных может быть связана как с буровой установкой 100, так и с установкой для заканчивания скважины.

Для простоты рассмотрения ниже будет сделано обращение к применению двунаправленной системы передачи данных для буровой установки 100, такой как буровая установка, показанная на фиг. 3. Буровая установка 100 содержит бурильную колонну 110, содержащую, в свою очередь, множество бурильных труб 111, соединенных друг с другом последовательно для образования бурильной колонны из бурильных труб, и инструмент для извлечения, соединенный со свободным выходом одной из концевых бурильных труб из колонны бурильных труб.

Бурильные трубы 111 имеют внутренний сквозной проход 112 для обеспечения возможности прохождения бурового раствора к забою скважины. Как известно, этот буровой раствор поднимается через промежуточное пространство между колонной бурильных труб и стенками буровой скважины, то есть через так называемое "кольцевое пространство".

В случае, когда стенки буровой скважины покрыты обсадной колонной, кольцевое пространство соответствует промежуточному пространству между колонной бурильных труб и стенками обсадной колонны, покрывающей стенки буровой скважины.

Что касается узла для заканчивания скважины, то он содержит колонну насосно-компрессорных труб для заканчивания, образованную трубами, пригодными для транспортировки пластового флюида, например нефти, к поверхности.

В любом случае двунаправленная система передачи данных содержит множество модулей 120 связи, расположенных вдоль бурильной колонны или колонны для заканчивания скважины и выполненных с возможностью передачи и/или приема информации или командных сигналов в забой скважины и из забоя скважины.

В дальнейшем в настоящем рассмотрении соображения, излагаемые для бурильных труб 111, точно так же могут быть применены к колонне насосно-компрессорных труб для заканчивания скважины.

Каждый из этих модулей 120 связи содержит по меньшей мере один электроакустический преобразователь 10; блок 50 обработки и управления, содержащий, например, микропроцессор, связанный с по меньшей мере одним электроакустическим преобразователем 10, выполненный с возможностью обработки сигналов, передаваемых и/или принимаемых по меньшей мере одним электроакустическим преобразователем 10; источник 60, 70 снабжения электрической энергией, электрически соединенный с по меньшей мере одним электроакустическим преобразователем 10 и с блоком 50 обработки и управления.

Следовательно, модуль 120 связи может содержать один электроакустический преобразователь 10, сконфигурированный как передатчик, или один электроакустический преобразователь 10, сконфигурированный как приемник, или один электроакустический преобразователь 10, сконфигурированный как приемопередатчик, или пару электроакустических преобразователей, один из которых сконфигурирован как передатчик и другой как приемник.

В любом случае по меньшей мере один электроакустический преобразователь 10 из каждого модуля 120 связи соединен со стенками бурильной трубы или колонны насосно-компрессорных труб для заканчивания скважины, внутри или снаружи, но в любом случае в контакте с буровым раствором.

Блок 50 обработки и управления содержится в корпусе, введенном в бурильную трубу или колонну насосно-компрессорных труб для заканчивания скважины, или в отсеке, имеющемся в бурильной трубе или колонне насосно-компрессорных труб.

Источник 60, 70 снабжения электрической энергией может содержать один или несколько аккумуляторов 60, содержащихся в корпусе, введенном в бурильную трубу или колонну насосно-компрессорных труб для заканчивания скважины, или в отсеке, имеющемся в бурильной трубе или колонне насосно-компрессорных труб. В ином случае или в дополнение к аккумуляторам 60 источник 60, 70 снабжения электрической энергией может содержать по меньшей мере одно генерирующее устройство 70, выполненное с возможностью выработки электрической энергии из потока бурового раствора. Например, это генерирующее устройство 70 может быть, например, турбиной, расположенной на пути бурового раствора, выполненной с возможностью отбора энергии из потока бурового раствора и выработки электрической энергии, для снабжения электроэнергией электроакустического преобразователя и/или зарядки аккумуляторов 60 таким образом, чтобы гарантировалась работа электроакустического преобразователя 10 даже в случае временного прерывания потока бурового раствора.

В вариантах осуществления, показанных на фиг. 4а и 5а, бурильная труба, снабженная модулем 120 связи, имеет сужение прохода для бурового раствора.

В варианте осуществления из фиг. 4а стенки бурильной трубы имеют в этом сужении каналы, обращенные к проходу, в которых расположены генерирующие устройства 70, в частности несколько турбин.

В варианте осуществления из фиг. 5а генерирующее устройство 70, в частности турбина, располагается в центральном проходе.

Передача и прием сигналов, осуществляемые посредством электроакустических преобразователей 10, позволяют охватывать значительные расстояния на частотах, указанных выше.

В конкретном варианте осуществления двунаправленная система передачи данных содержит два модуля связи 120, каждый из которых содержит соответствующую пару электроакустических преобразователей, сконфигурированных как передатчик и приемник.

В этом случае один модуль 120 связи расположен в так называемой забойной компоновке и другой модуль 120 помещен вблизи блока перемещения бурильных труб или так называемого верхнего привода.

Из приведенного выше описания должны стать понятными особенности электроакустического преобразователя и двунаправленной системы передачи данных согласно настоящему изобретению, а также преимущества изобретения.

Наконец, должно быть понятно, что многочисленные модификации и варианты представленных электроакустического преобразователя и двунаправленной системы передачи данных допускаются без отступления от объема изобретения; более того, все детали могут быть заменены технически

эквивалентными элементами. На практике используемые материалы, а также их характеристики могут быть любого вида и соответствующими техническим требованиям.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электроакустический преобразователь (10), приспособленный для нахождения в контакте с флюидом под давлением, содержащий

трубчатый корпус (20), который продолжается по длине в продольном направлении X, при этом трубчатый корпус (20) содержит первый концевой участок (21) и второй концевой участок (22), противоположные друг другу в продольном направлении, трубчатый корпус (20) имеет внутри первую камеру (23), которая заканчивается вместе с первым концевым участком (21), и вторую камеру (24), на одной стороне прилегающую к первой камере (23) и находящуюся с ней в сообщении по флюиду и на другой стороне заканчивающуюся вместе с вторым концевым участком (22), при этом первый концевой участок (21) закрыт относительно наружной стороны мембраной (26), наложенной на трубчатый корпус (20), второй концевой участок (22) имеет одно или несколько отверстий (27), которые включают в сообщение по флюиду с наружной стороны трубчатого корпуса (20), первая камера (23) содержит на стенках множество электрических обмоток (25), расположенных последовательно друг за другом в продольном направлении X, вторая камера (24) заполнена жидкостью;

подвижный элемент (30), размещенный в первой камере (23), при этом подвижный элемент (30) содержит множество постоянных магнитов (31), объединенных в группу и расположенных друг над другом с чередованием намагниченности в продольном направлении X, и отделенных друг от друга дисками из ферромагнитного материала, подвижный элемент (30) поддерживается на продольных концах пружинами (40), при этом подвижный элемент (30) также соединен с мембраной (26);

подвижный поршень (45), расположенный и скользящий на втором концевом участке (22).

2. Электроакустический преобразователь (10) по п.1, в котором электрические обмотки (25) выполнены из металлических колец, разделенных изолирующим слоем.

3. Электроакустический преобразователь (10) по п.1 или 2, в котором подвижный элемент (30) соединен с мембраной (26) посредством удлинительного элемента (27), связанного на одной стороне с концом подвижного элемента (30) и на другой стороне с мембраной (26).

4. Электроакустический преобразователь (10) по одному из предшествующих пунктов, в котором пружины (40) представляют собой пару предварительно напряженных тарельчатых пружин (40).

5. Электроакустический преобразователь (10) по любому одному из предшествующих пунктов, в котором второй концевой участок (22) связан с гильзой (28), которая продолжается внутрь второй камеры (24) для разделения на участки ее длины таким образом, что гильза ограничивает внутренний проход, при этом подвижный поршень (45) расположен в узком внутреннем проходе.

6. Электроакустический преобразователь (10) по любому одному из предшествующих пунктов, в котором подвижный поршень (45) и вторая камера (24) подобраны по размерам, что делает возможной компенсацию давления, когда акустические сигналы передаются или принимаются в диапазоне частот 450-5000 Гц, предпочтительно в диапазоне частот 500-3000 Гц.

7. Двухнаправленная система передачи данных, приспособленная для установки в бурильной колонне или узле для заканчивания скважины при извлечении пластовых флюидов, содержащая

множество модулей (120) связи, расположенных вдоль бурильной колонны или колонны для заканчивания скважины и выполненных с возможностью передачи и/или приема информации или сигналов управления в забой скважины и из забоя скважины, при этом каждый из модулей (120) связи содержит

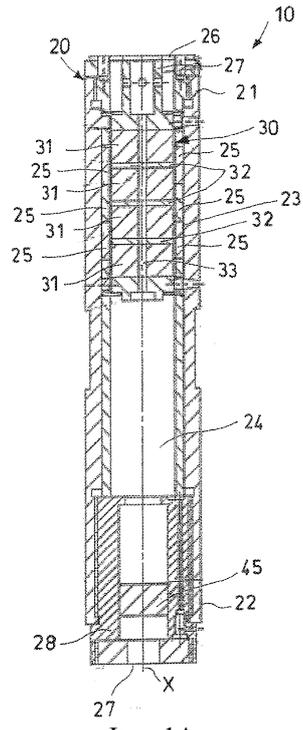
по меньшей мере один электроакустический преобразователь (10) по одному или нескольким из предшествующих пунктов, при этом по меньшей мере один электроакустический преобразователь (10) соединен со стенками бурильной трубы (111) или насосно-компрессорной трубы для заканчивания скважины с внутренней стороны или с наружной стороны, но все же в контакте с буровым раствором;

блок (50) обработки и управления, соединенный по меньшей мере с одним электроакустическим преобразователем (10), выполненный с возможностью обработки сигналов, передаваемых и/или принимаемых по меньшей мере одним электроакустическим преобразователем (10);

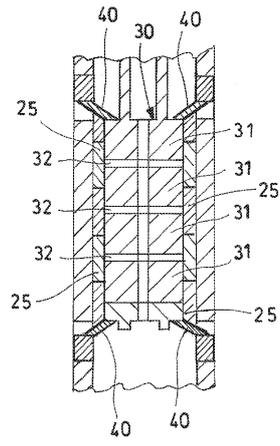
источник (60, 70) снабжения электрической энергией, электрически соединенный по меньшей мере с одним электроакустическим преобразователем (10) и блоком (50) обработки и управления.

8. Двухнаправленная система передачи данных по п.7, в которой источник (60, 70) снабжения электрической энергией содержит один или несколько аккумуляторов (60).

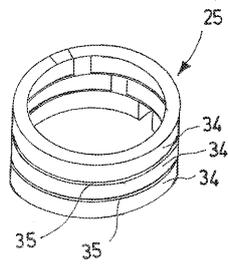
9. Двухнаправленная система передачи данных по п.7 или 8, в которой источник (60, 70) снабжения электрической энергией содержит по меньшей мере одно генерирующее устройство (70), выполненное с возможностью выработки электрической энергии из потока бурового раствора.



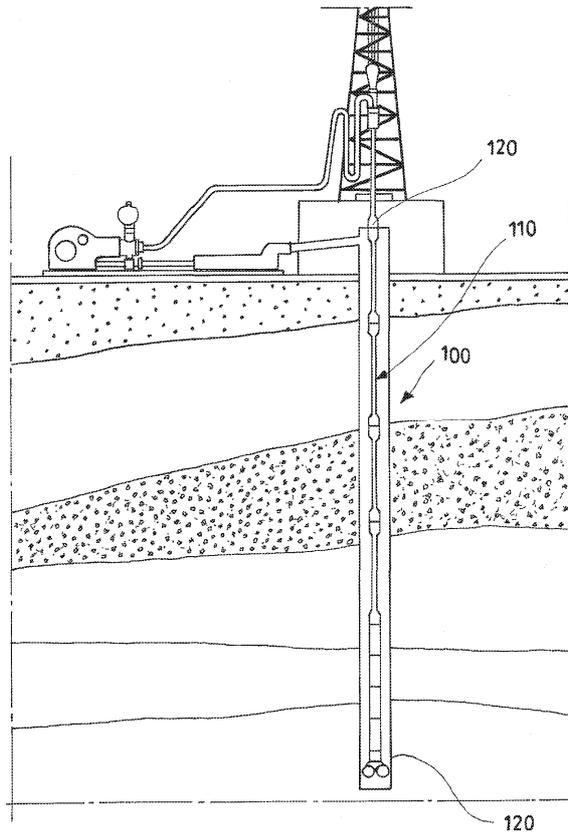
Фиг. 1А



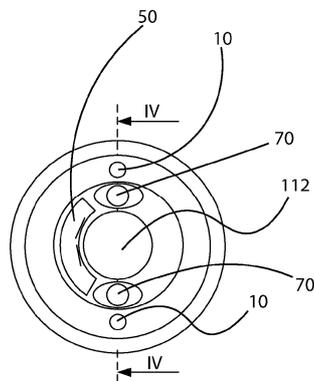
Фиг. 1В



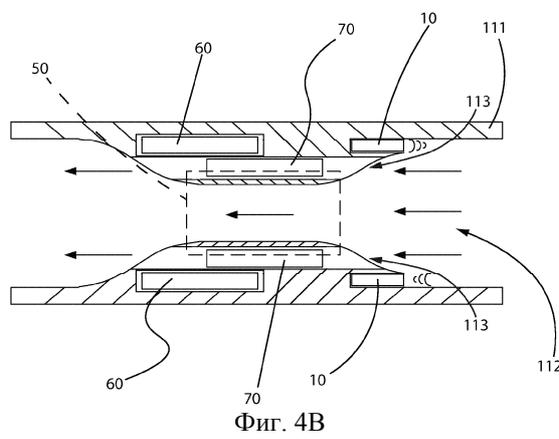
Фиг. 2



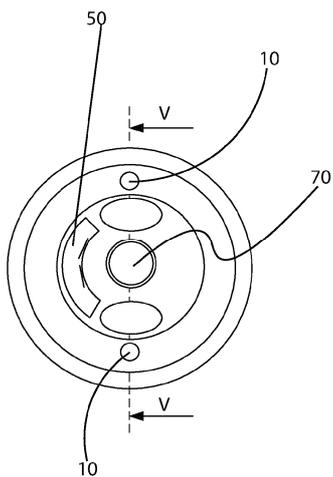
Фиг. 3



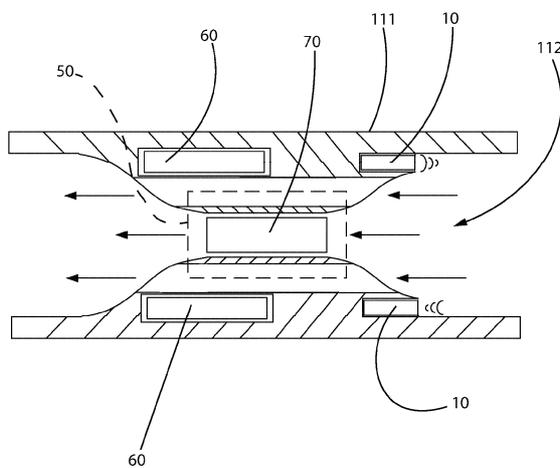
Фиг. 4А



Фиг. 4В



Фиг. 5А



Фиг. 5В